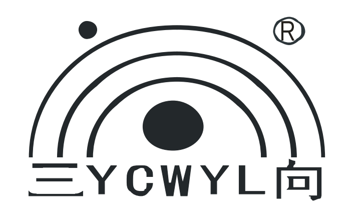


SX-108B可编程器件电子产品设计与制作实训考核设备

用户手册

广东三向教学仪器制造有限公司

www.sanxiangchina.com

目录

前　　言

一、设备概述

该设备参照国家人力资源与社会保障部颁发的《无线电调试工》高级（三级）、技师（二级）及《电子设备装接工》高级（三级）等国家职业标准实训技能要求开发。整体设备按设计、装配、调试三工位功能设计，采用模块化设计组合式运用的设计理念 ，配置有最小单片机单元模块、指令输入单元模块、数据显示单元模块、数据转换单元模块、通信模块、驱动单元模块、红外线收发模块、超声波收发模块、简单稳压电源模块、直流可调稳压电源模块，万能电路板模块、幅度调制与解调模块、角度调制与解调模块、混频器模块、频率合成模块（数字式频率合成（DDS）电路、数字锁相环路法频率合成器（PLL）电路、AGC电路、AFC电路）、滤波器模块、振荡器模块，音、视频处理模块，光敏传感器模块、温度传感器模块等模块及常用电子元器件库。控制对象：直流电机、步进电机、灯炮、风扇、光电传感器。学员可根据工作任务的要求选择相应的单元模块搭建电子产品应用系统，也可按照工作任务要求选择设计其中的某部分单元电路完成各类电子产品的设计、制作与调试。本设备适用于各类技工院校、职业院校用于《无线电调试工》、《电子设备装接工》高级及技师相关课程的实训考核，也可适用于电子技术课程的教学实训、创新设计及技能竞赛。

二、技术指标

工作电源：单相三线 220V±5%　50HZ

安全保护：漏电保护,熔断器保护

外形尺寸：2150 mm×850 mm×1660 mm

仿真器：南京伟福 SP-51

直流稳压可调电源：0~30V/2A 带过流保护自动复位

直流稳压电源：5V/5A ±12V/2A 24V/3A

交流可调电源：3V、6V、9V、12V、15V、18V、24V/2A

额定功率：0.8KW

环境温度：-10℃~50℃

相对温度：≤85%

三、产品特色

- 开放式设计：可根据实训考核课题在可编程器件库及电子元件库中选择合适的电子器件，利用配置的实训工具及检测仪器进行设计与制作。
- 模具化运用：可编程器件单元板库、电子元件库、实训工具库、分类清晰，摆放整齐。
- 积木式结构：根据可编程器件电子产品的技术应用分类配置有 37 种单元模块，可按照工作任务书的要求选择相应的单元模块组成控制电路。

四、结构说明：



五、实训模块：

1. 逻辑电平显示

2. 6位数码管动态显示

3. 点阵显示

4. 可调电压、蜂鸣器、独立式键盘、开关量输入

5. 阵列式键盘

6. 传感器输入信号转换(8组光藕24V转5V)

7. A/D0809模数转换，D/A0832数模转换

8. TL549串行A/D转换，TLC561510位D/A，PWM转换，电压/频率转换

9. 74LS165并串转换，74LS164串并转换

10. 单片机系统模块

11. 单脉冲与时钟

12. PCF8563实时时钟/日历，DS18B20温度传感器，MAX813L看门狗复位电路

13. 语音录放,音频驱动

14. 直流电机

15. 步进电机

16. 继电器控制接口（4组继电器）,光藕驱动晶闸管接口(1组)

17. RS232通信，RS485通信，SM008红外线通信

18. 万能板

19. 红外线发射电路

20. 红外线接收电路

21. 超声波发送与接收电路

22. 单端输入放大电路

23. 直流稳压电源

24. 直流可调稳压电源模块

25. 光敏传感器模块

26. 温度传感器模块

27. 振荡器模块

28. 混频器模块

29. 幅度调制与解调模块

30. 角度调制模块

31. 角度解调模块

32. 频率合成模块

33. 综合模块

34. 视频传输模块

35. 滤波器模块

36. 高频信号源模块

37. 低频信号源模块

注：做实训时将此模块放在实训箱内。

第一章 系统安装与使用

一、 ISP在线下载安装与使用说明

软件安装:

a. 将光盘放入光驱中，找到文件名为： 51单片机ISP在线下载软件.EXE，根据提示安装；

b. 安装完毕后，在桌面产生一个快捷方式“SLISP”  ，双击运行，弹出以下界面：

MCU下载程序------广州天河双龙电子有限公司 V1.4.2.3

通信参数设置及器件选择

COM1　　19200　　AT89S52

FLASH存贮器

Flash

EEPROM存贮器

http://www.sl.com.cn

重载　　编辑

编程选项

重载文件　　序列号

擦除　　校验芯片ID码

FLASH　　内部RC校准

EEPROM　　配置熔丝

加密　　轮询

加密模式

Lock Mode 1

BLB0 Mode 1

BLB1 Mode 1

芯片型号是：AT89S52

擦除　　编程　　校验　　读取　　退出

c.　通信参数设置及器件选择如下图：



d.　选择*.HEX文件 ，点击“编程”按钮，即可下载。

硬件设置（单片机系统模块/D12）：

a.　用实验导线将实训箱上5V电源接入D12模块电源端口；

b.　模式开关设置：选择为“编程”模式；

c.　短路冒设置：　“EA”与“+5V”连接；

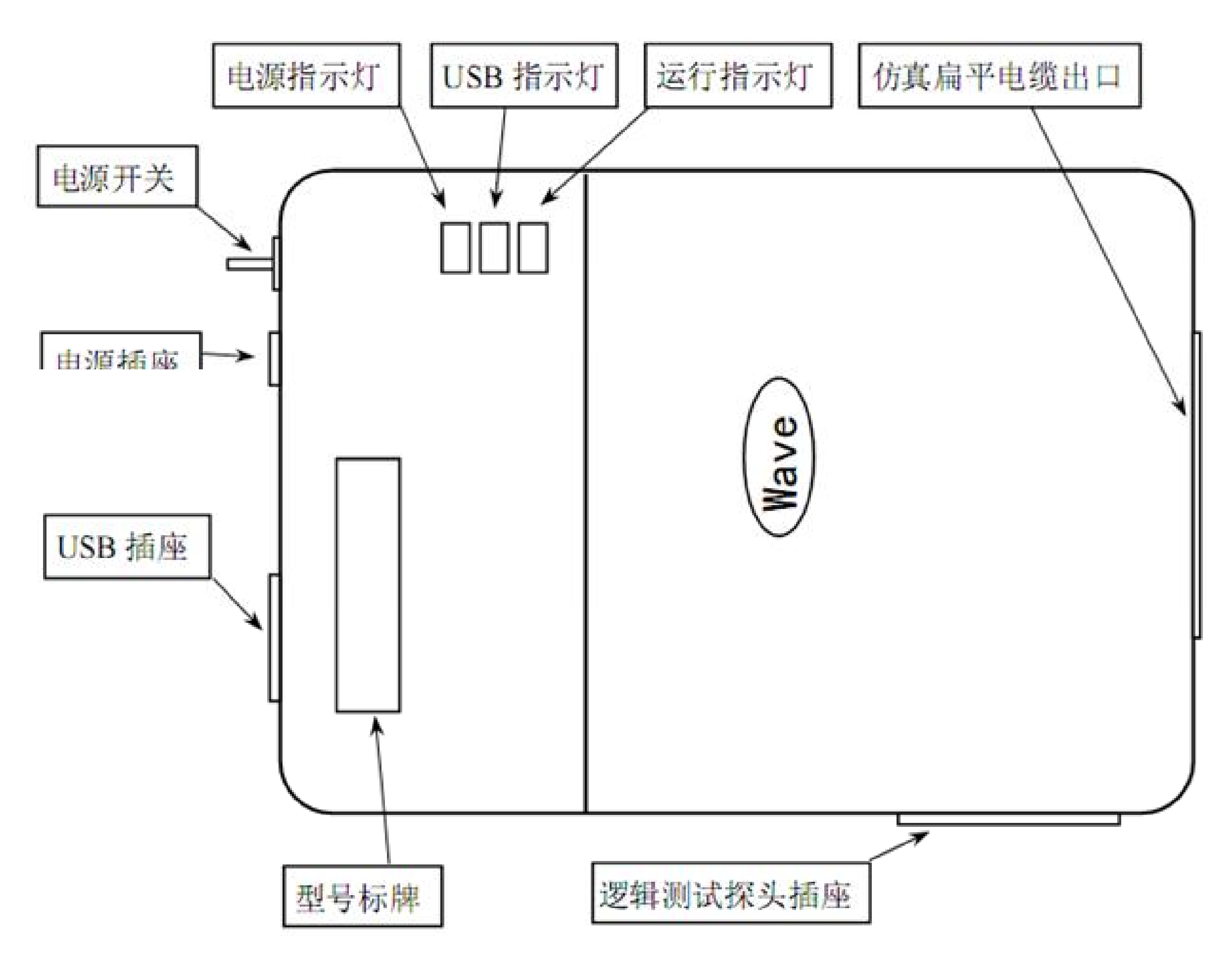
d.　将下载线插入下载口，确保仿真口没有连接仿真器数据线，并且将P1口相

连的外部电路断开；

e. 编程完毕后，断开下载线，将开关打在”一般” 模式,按复位键”RST”,运行程序。

二、伟福仿真器安装与使用说明：

仿真器外型结构：



1. 伟福仿真器开发环境安装

1. 将光盘放入光驱，光盘会自动运行，出现安装提示。
2. 选择“安装 WINDOWS”软件
3. 按照安装程序的提示，输入相应内容。
4. 继续安装，直至结束。

若光驱自动运行被关闭，用户可以打开光盘的\ICESSOFT\VW_SETUP\目录（文件夹），执行SETUP.EXE，按照安装程序的提示，输入相应的内容，直至结束。

在安装过程中，如果用户没有指定安装目录，安装完成后，会在C:盘建立一个C:\VW 目录（文件夹），结构如下：

目录	内容
C:\VW	
├ BIN	可执行程序及相关配置文件
├ HELP	帮助文件和使用说明
└ SAMPLES	样例和演示程序

2. 伟福仿真器安装驱动程序

a. 使用USB连接线将仿真器USB端口与电脑USB端口（实训屏USB端口）连接；

b. 打开仿真器电源开关，指示灯PROWER红指示灯常亮；RUN绿色指示灯闪亮，电脑上的任务栏会出现发现新硬件；并自动弹出找到新的硬件向导对话框如下：



c. 在从图中选择从列表或指定位置安装（高级）（S）；点击下一步；选择在搜索中包括这个位置并点击浏览。



d. 弹出浏览文件夹对话框如下；找到伟福驱动程序（如X:\ 伟福仿真器调试软件 \ DRIVER \ WINXP）；点击确定。

e. 即回到了上一步（找到新的硬件向导），点击下一步；选择列表中的硬件（如：Nanjing WAVE Emulator Driver----）点击下一步。



f. 点击完成；任务栏中会出现新硬件已安装并可以使用了。

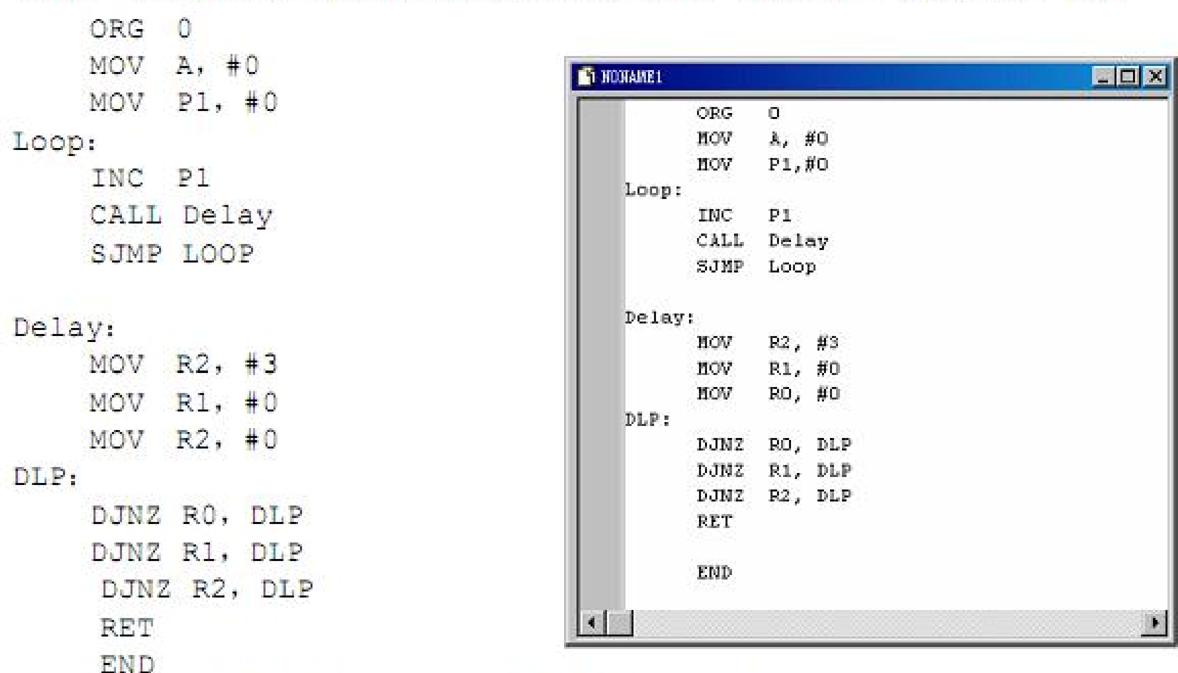


3.　仿真软件快速入门：

a.　建立你的新程序：

选择菜单[**文件 | 新建文件**]功能

出现一个文件名为 NONAME1 的源程序窗口，在此窗口中输入以下程序



```
     ORG   0
     MOV   A, #0
     MOV   P1, #0
Loop:
     INC   P1
     CALL  Delay
     SJMP  LOOP

Delay:
     MOV   R2, #3
     MOV   R1, #0
     MOV   R2, #0
DLP:
     DJNZ  R0, DLP
     DJNZ  R1, DLP
     DJNZ  R2, DLP
     RET
     END
```

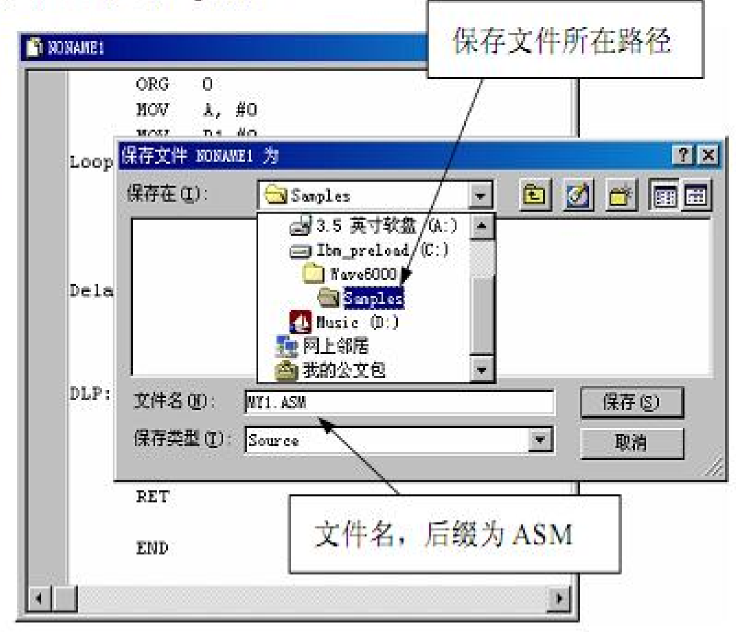

输出程序后的窗口如图，现在要做的是将此文件存盘。

b.　保存程序：

选择菜单[**文件 ｜ 保存文件**]或[**文件 ｜ 另存为**]功能

给出文件所要保存的位置，例如：C:\VW\SAMPLES 文件夹，再给出文件名 MY1.ASM。保存文件。文件保存后，程序窗口上文件名变成了：

C:\WAVE6000\SAMPLES\MY1.ASM

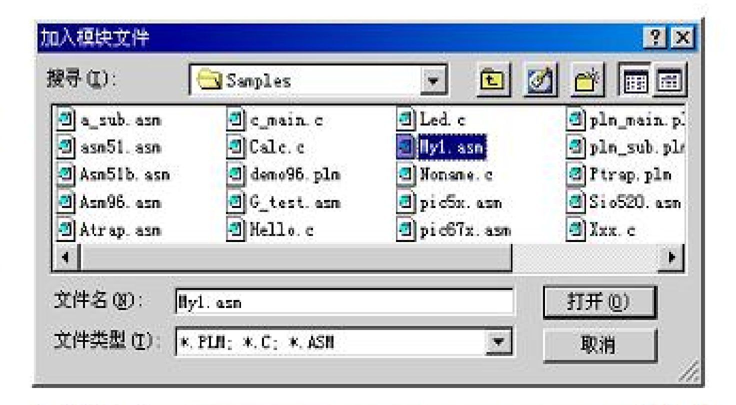


c. 建立新的项目：

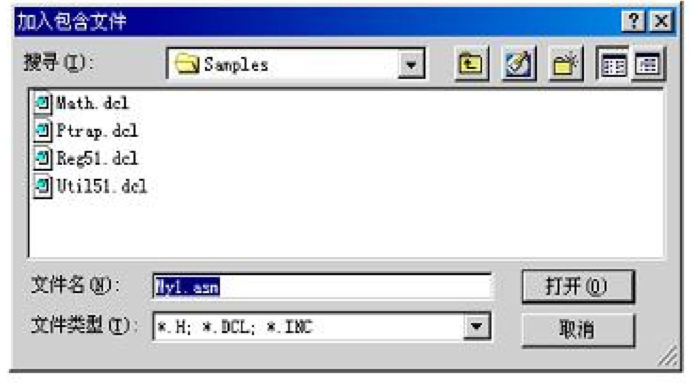
选择菜单[**文件 ｜ 新建项目**]功能

新建项目会自动分三步走。

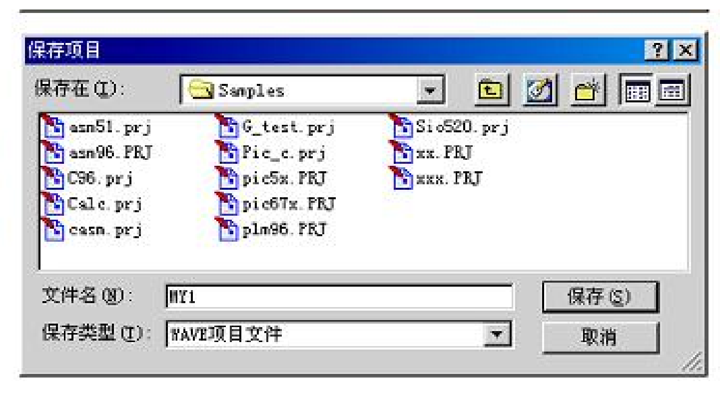
A）　加入模块文件。在加入模块文件的对话框中选择刚才保存的文件 MY1.ASM，按打开键。如果你是多模块项目，可以同时选择多个文件再打开。



B）　加入包含文件。在加入包含文件对话框中，选择所要加入的包含文件（可多选）。如果没有包含文件，按取消键。



C） 保存项目。在保存项目对话框中输入项目名称。MY1 无须加后缀。软件会自动将后缀设成“.PRJ”。按保存键将项目存在与你的源程序相同的文件夹下。



项目保存好后，如果项目是打开的，可以看到项目中的“模块文件”已有一个模块“MY1.ASM”，如果项目窗口没有打开，可以选择菜单[**窗口 | 项目窗口**]功能来打开。可以通过仿真器设置快捷键或双击项目窗口第一行选择仿真器和要仿真的单片机



d. 设置项目：

选择菜单[**设置 | 仿真器设置**]功能或按“仿真器设置”快捷图标或双击项目窗口的第一行来打开“仿真器设置”对话框

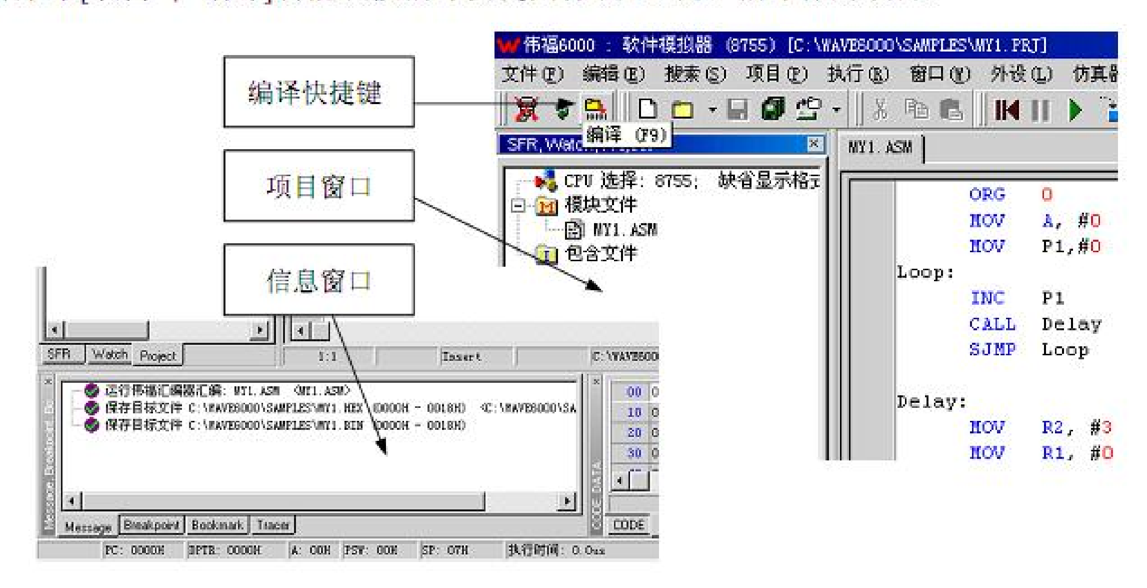




在“仿真器”栏中，选择仿真器类型和配置的仿真头以及所要仿真的单片机。在“语言”栏中，“编译器选择”根据本例的程序选择为“伟福汇编器”。如果你的程序是 C 语言或 INTEL 格式的汇编语言，可根据你安装的 Keil 编译器版本选择“Keil C (V4 或更低)”还是“Keil C (V5 或更高)”。按“好”键确定。当仿真器设置好后，可再次保存项目。

e. 编译程序：

选择菜单[项目 | 编译]功能或按编译快捷图标或 F9 键，编译你的项目。



在编译过程中，如果有错可以在信息窗口中显示出来，双击错误信息，可以在源程序中定位所在行。纠正错误后，再次编译直到没有错误。在编译之前，软件会自动将项目和程序存盘。在编译没有错误后，就可调试程序了，首先我们来单步跟踪调试程序。

f. 单步调试程序：

选择[执行 | 跟踪]功能或按跟踪快捷图标或按 F7 键进行单步跟踪调试程序

单步跟踪就一条指令一条指令地执行程序，若有子程序调用，也会跟踪到子程序中去。你可以观察程序每步执行的结果，“=>”所指的就是下次将要执行的程序指令。由于条件编译或高级语言优化的原因，不是所有的源程序都能产生机器指令。源程序窗口最左边的“o”代表此行为有效程序，此行产生了可以指行的机器指令。

跟踪快捷键

当前程序指针

有效程序行

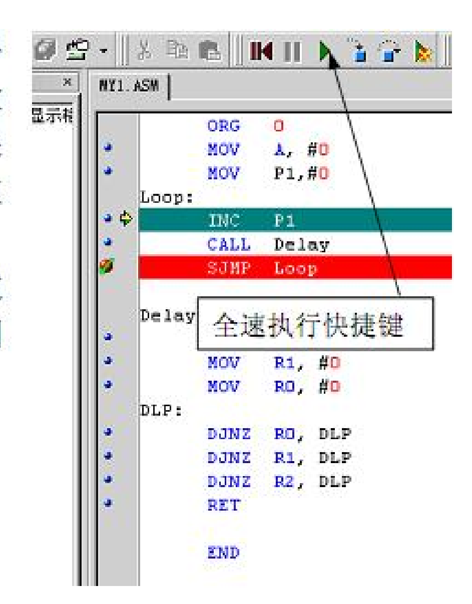


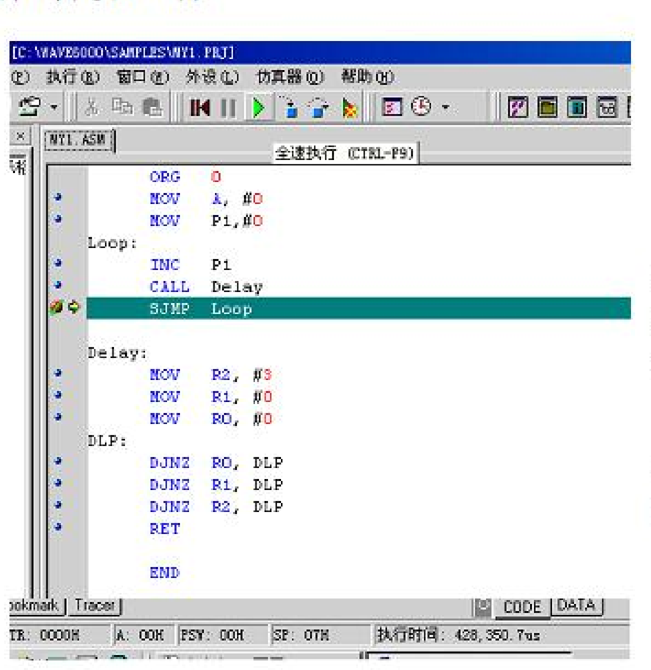
程序单步跟踪到“Delay”延时子程序中，在程序行的“R0”符号上单击就可以观察“R0”的值，观察一下“R0”的值，可以看到“R0”在逐渐减少。因为当前指令要执行 256 次才到下一步，整个延时子程序要单步执行 3x256x256 次才能完成，单步执行太慢了！

没关系，我们有“执行到光标处”的功能，将光标移到程序想要暂停的地方，本例中为延时子程序返回后的“SJMP　Loop”行。选择菜单[执行 ｜ 执行到光标处]功能或 F4 键或弹出菜单的“执行到光标处”功能。程序全速执行到光标所在行。如果想下次不想单步调试“Delay”延时子程序里的内容，可以按 F8 键单步执行就可以全速执行子程序调用，而不会一步一步地跟踪子程序。F8 F8F8F8F8F8F8……是不是太烦了？那就移动光标到暂停行再按 F4，如果程序太长，每次这样移来移去，是不是也太累？那就设置断点吧。



将光标移到源程序窗口的左边灰色区，光标变成“手指圈”，单击左键设置断点，也可以用弹出菜单的“设置/取消断点”功能或用 Ctrl+F8 组合键设置断点。如果断点有效图标为“红圆绿勾”，无效断点的图标为“红圆黄叉”。 断点设置好后，就可以用全速执行的功能，全速执行程序，当程序执行到断点时，会暂停下来，这时你可以观察程序中各变量的值，及各端口的状态，判断程序是否正确。





本例是将 P1 端口加一，然后延时，再重复，这样若 P1 就是一个二进制加法器，若 P1 口接发光二极管，就会闪亮。

不过到此为止，我们都是用软件模拟方式来调试程序。如果想要用仿真器硬件仿真。就要连接上仿真器。

g.　连接硬件仿真：

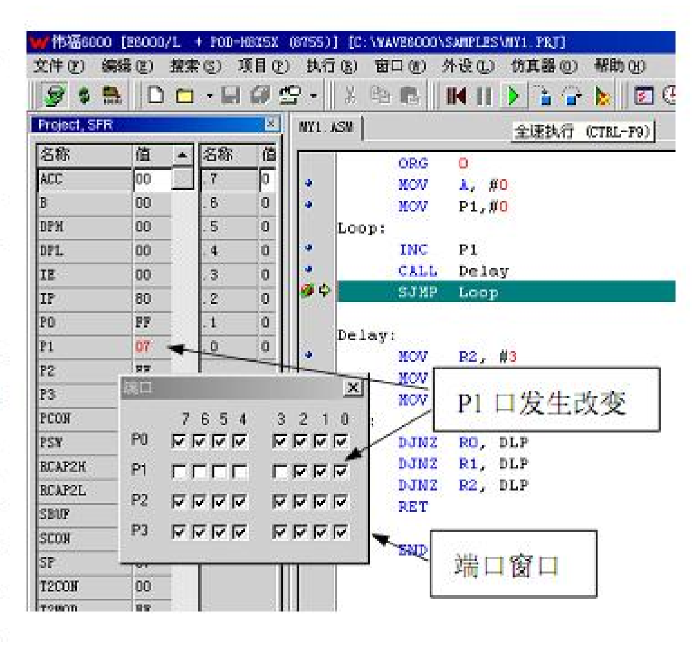
按照说明书，将仿真器通过 USB 电缆连接计算机上，将仿真头接到仿真器，检查接线是否有误，确信没有接错后，接上电源，打开仿真器的电源开关。



参见第 4 步，设置项目，在“仿真器”和“通信设置”栏的下方有“使用伟福软件模拟器”的选择项。将其前面框内的勾去掉。按“好”确认。

如果仿真器和仿真头设置正确，并且硬件连接没有错误，就会出现如图的“硬件仿真”的对话框，并显示仿真器、仿真头的型号及仿真器的序列号。表明仿真器初始化正确。如果仿真器初始化过程中有错，软件就会再次出现仿真器设置对话框，这时你应检查仿真器、仿真器的选择是否有错，硬件接线是否有错，检查纠正错误后，再次确认。直至显示如图的硬件仿真确认对话框。





我们现在用硬件仿真方式来调试这个程序，因为程序是对 P1 端口加 1 操作，我们可以打开外设的端口来观察 P1 口。方法是选择主菜单[外设 | 端口]功能打开端口窗口。重新编译程序，全速执行程序，因为有断点，程序会暂停在断点处。我们观察端口窗口的 P1 口值，会发生变化。再次全速执行，观察 P1 口的变化。同时也可以用电压表去测量仿真头的 P1 管脚，可以看到 P1 管脚也随之发生变化。点击端口窗口的 P1 口的白框来改变 P1 口的值，再次运行程序，P1 从改变后的值加 1。（P1 口的值也可以从 SFR 窗口观察、修改）

如果用户已经有写好的程序，可以从第 3 步“新建项目”开始，将你的程序加入项目，就能以项目方式仿真了。如果用户不想以项目方式仿真，则要先关闭项目，再打开你的程序，并且要正确设置仿真器、仿真头，然后再编译、调试程序。

到此为止，你已经学会使用伟福的仿真环境了。在使用过程中，你会逐步提高自己的技能。伟福仿真器的更多功能可参考本说明书的其它部分。

4. **硬件设置**（单片机系统模块/D12）：

a. 使用实验导线将实训箱上5V电源接入D12模块电源端口；

b. 使用仿真器时，需将IC 89S52座锁紧开关松开或IC从IC座中取出；

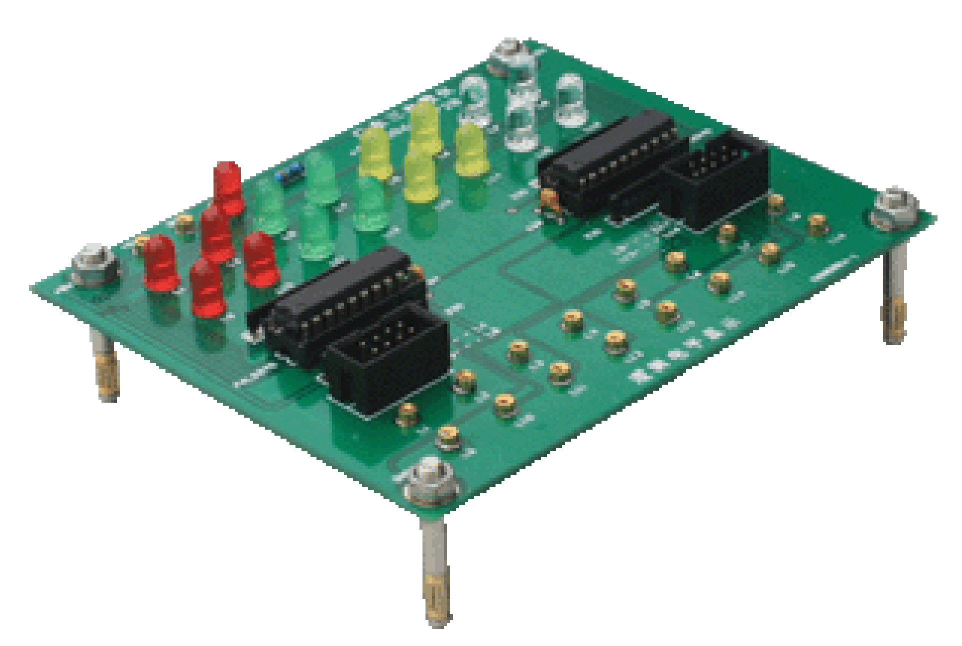
c. 将下载线从下载口取出；

d. 运行程序。

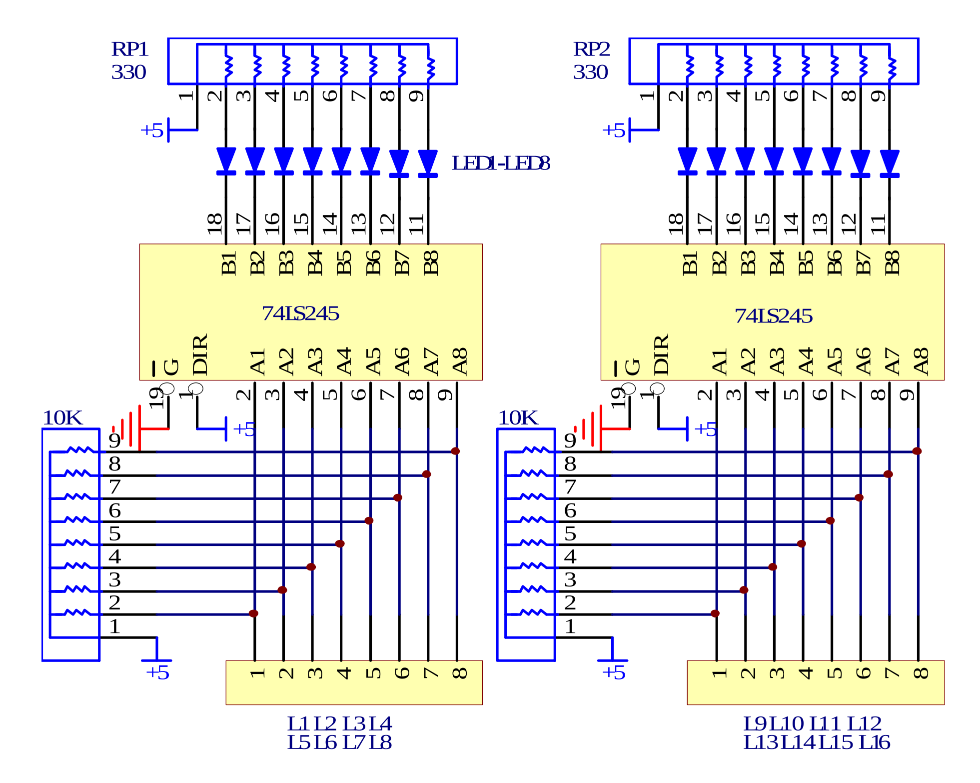
第二章 实训项目

实训一　逻辑电平显示

一、实物图



二、原理图



三、编程指南：

a.　主要组成：16个发光二极管与驱动IC（74LS245）组成。

b. 主要用于：16位发光二极管指示高低电平。

c. 控制要求：低电平LED灯点亮，高电平LED灯熄灭。

d. 知识点：

1. P0口，是一个8位漏极开路型双向I/O口。内部不带上拉电阻，当外接上拉电阻时，P0口能以吸收电流的方式驱动八个LSTTL负载电路。通常在使用时外接上拉电阻，用来驱动多个数码管。 在访问外部程序和外部数据存储器时，P0口是分时转换的地址(低8位)/数据总线，不需要外接上拉电阻。

2. P1口，是一个带内部上拉电阻的8位双向I/0口。P1口能驱动4个LSTTL负载。通常在使用时外不需要外接上拉电阻，就可以直接驱动发光二极管。端口置1时，内部上拉电阻将端口拉到高电平，作输入用。

3. P2口，是一个带内部上拉电阻的8位双向I/O口，P2口能驱动4个LSTTL负载。端口置1时，内部上拉电阻将端口拉到高电平，作输入用。在访问外部程序和16位外部数据存储器时，P2口送出高8位地址。而在访问8位地址的外部数据存储器时其引脚上的内容在此期间不会改变。

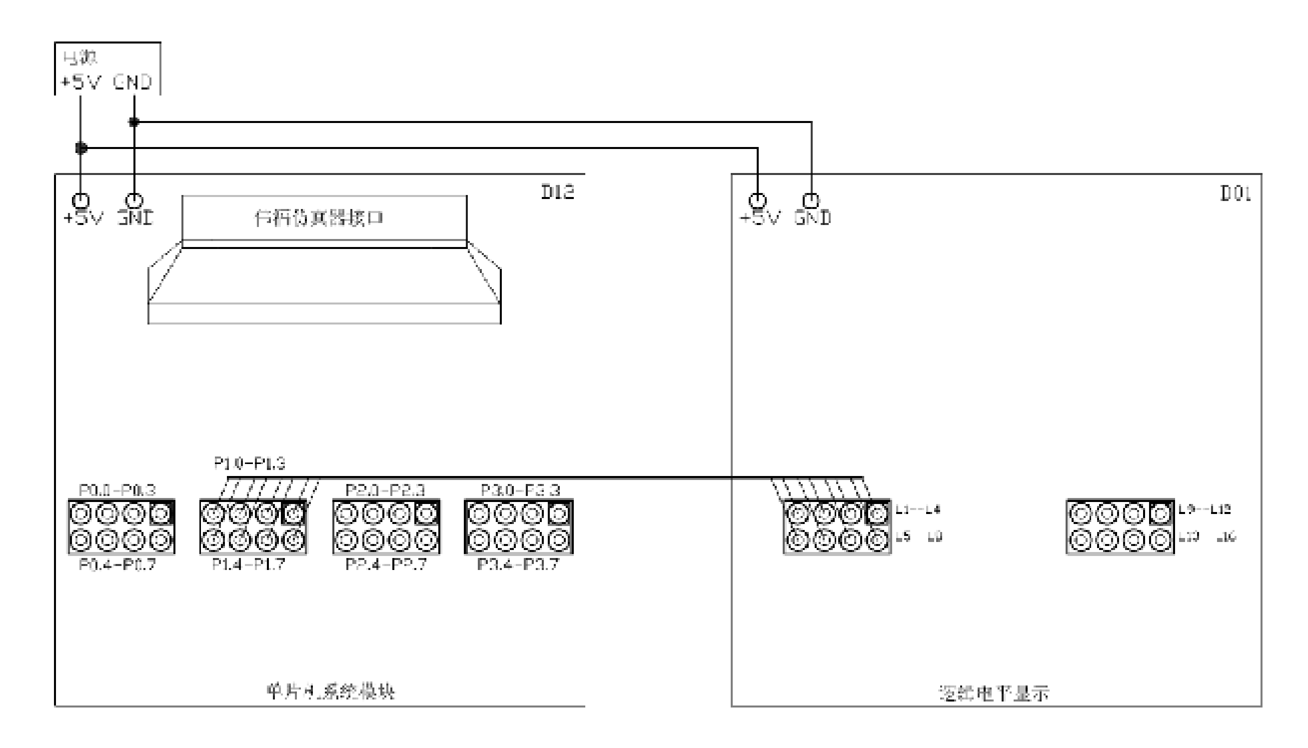
4. P3口，是一个带内部上拉电阻的8位双向I/O口，驱动4个LSTTL负载，这8个引脚还用于专门的第二功能。端口置1时，内部上拉电阻将端口拉到高电平，作输入用。

四、实训内容

a. 实训目的：学习P1口的使用方法，学习延时子程序的编写。

b. 实训模块：D01、D12。

c. 接线图：



d.　实训步骤：

1.　依次将实训模块置入实训箱内部；

2.　将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3.　接电源线：　将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；

4.　接信号线：P1(D12模块)接入L1---L8（D01模块）；

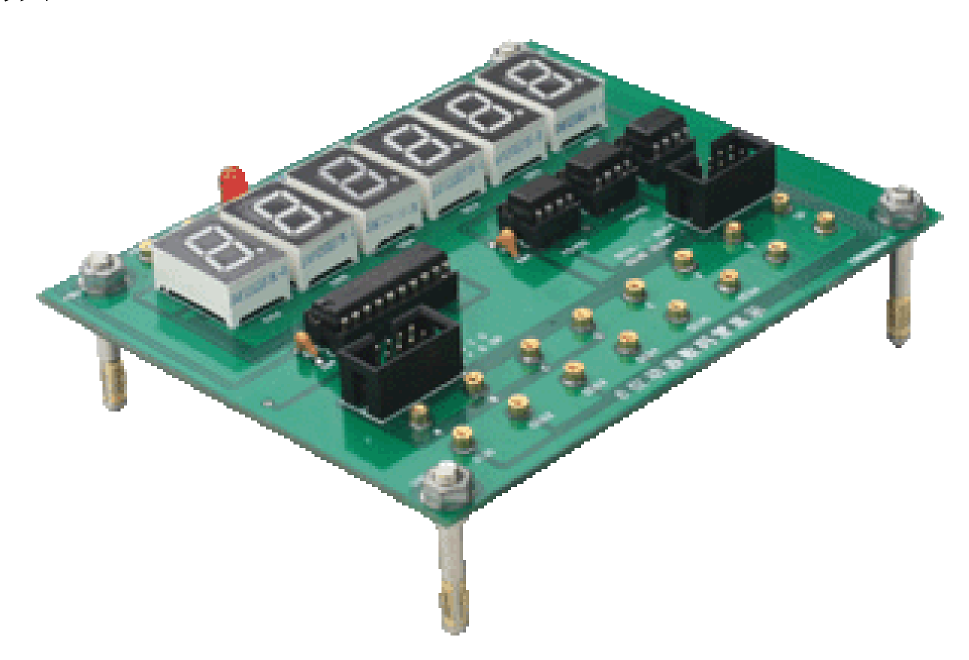
5.　检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器开关，运行程序，观察实训现象；

6.　实训现象：LED灯循环点亮；

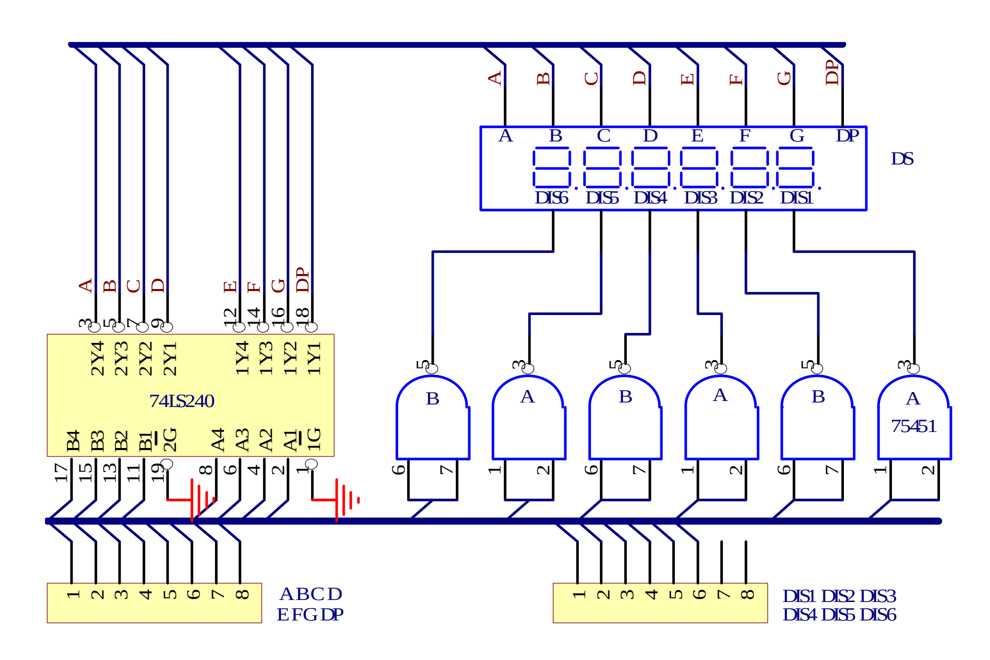
7.　程序名称：马灯。

实训二　6位动态数码管显示

一、实物图



二、原理图



三、编程指南：

a.　主要组成：6个数码管与驱动IC组成。

b.　主要用于：显示6位数字。

c.　控制要求：数码管段口A---DP。数码管位口DIS1---DIS6,两个口皆低电平有效，可实现6位数码管动态显示，为了节约单片机I0口，可使用模块D11(两

片164串并转换)扩展，只占用单片机3个口。

d. 知识点：

1． 所谓动态扫描显示即轮流向各位数码管送出字形码和相应的位选，利用发光管的余辉和人眼视觉暂留作用，使人的感觉好像各位数码管同时都在显示。动态显示的亮度比静态显示要差一些，所以在选择限流电阻时应略小于静态显示电路中的。动态显示的特点是将所有位数码管的段选线并联在一起，由位选线控制是哪一位数码管有效。选亮数码管采用动态扫描显示。

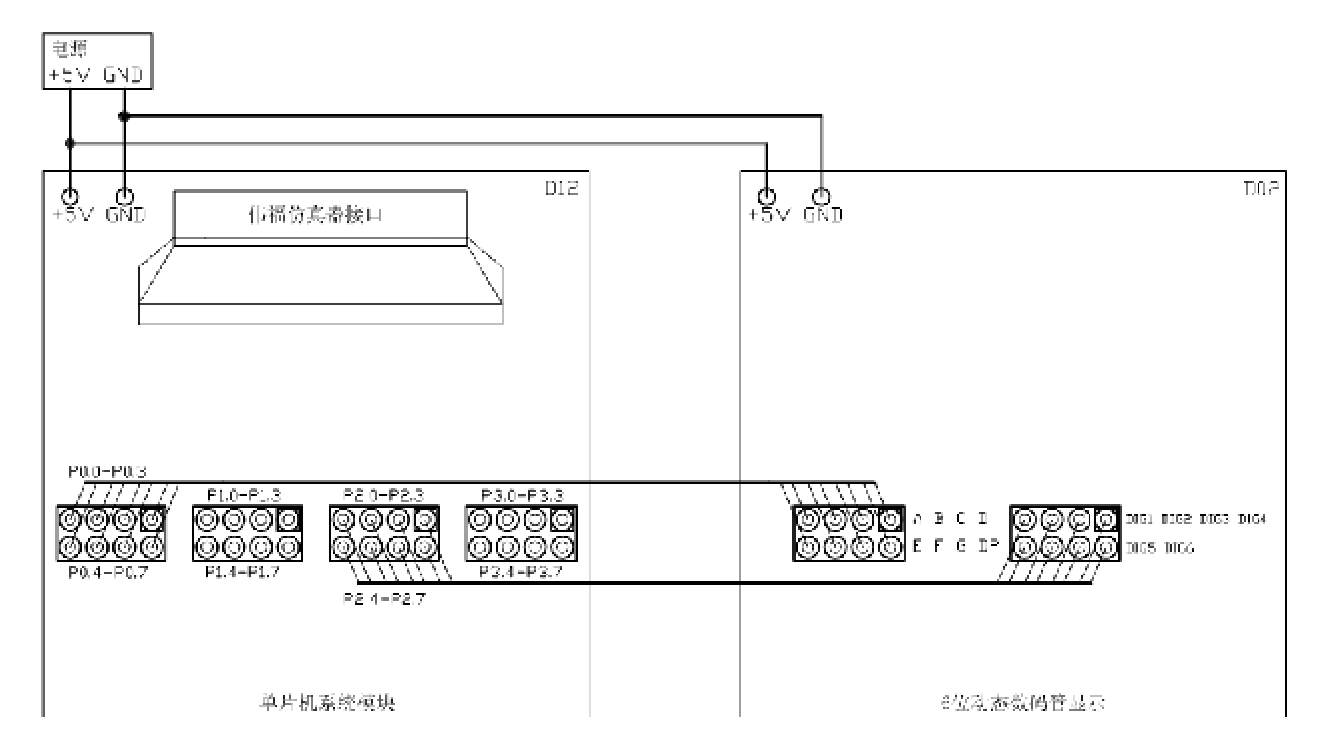
2． 将BCD码转换为共阳极的字符码。

显示字型	dp ,g,f,e,d,c,b, a	字符码
0	1 1 0 0 0 0 0 0	0C0H
1	1 1 1 1 1 0 0 1	0F9H
2	1 0 1 0 0 1 0 0	0A4H
3	1 0 1 1 0 0 0 0	0B0H
4	1 0 0 1 1 0 0 1	99H
5	1 0 0 1 0 0 1 0	92H
6	1 0 0 0 0 0 1 0	82H
7	1 1 1 1 1 0 0 0	0F8H
8	1 0 0 0 0 0 0 0	80H
9	1 0 0 1 0 0 0 0	90H

四、实训内容：

a. 实训模块：D02、D12。

b. 接线图：



c. 实训步骤：

1. 依次将实训模块置入实训箱内部；

2. 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3. 接电源线： 将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V,GND分别接入每个实训模块；

4. 接信号线：将D02模块段口（A---DP）接D12模块P0口与;位口（DS1---DS6）接P2口；

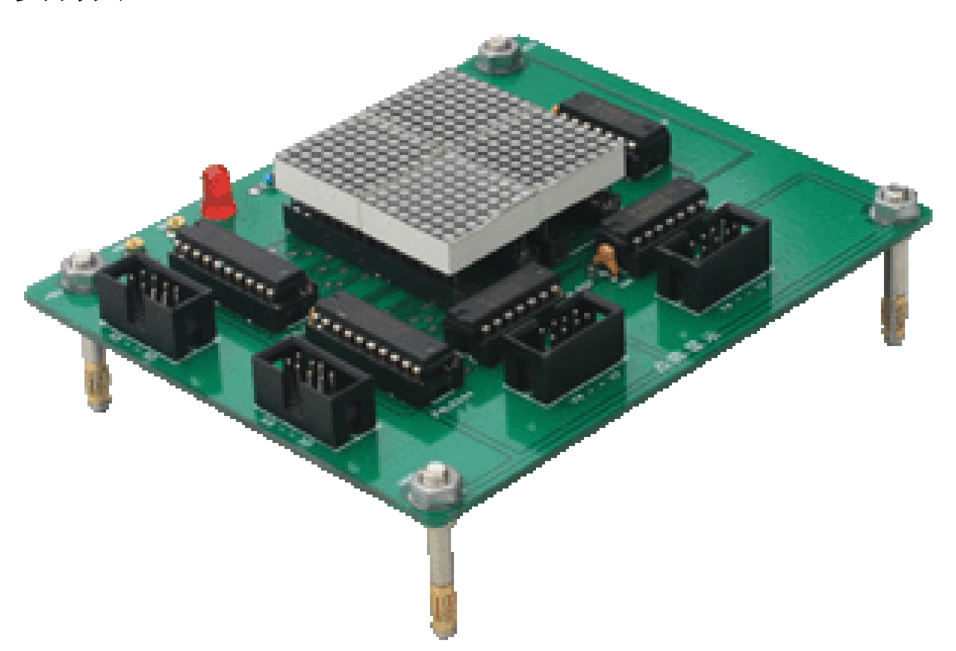
5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器开关，运行程序，观察实训现象；

6. 实训现象：数码管循环计数从000000至999999；

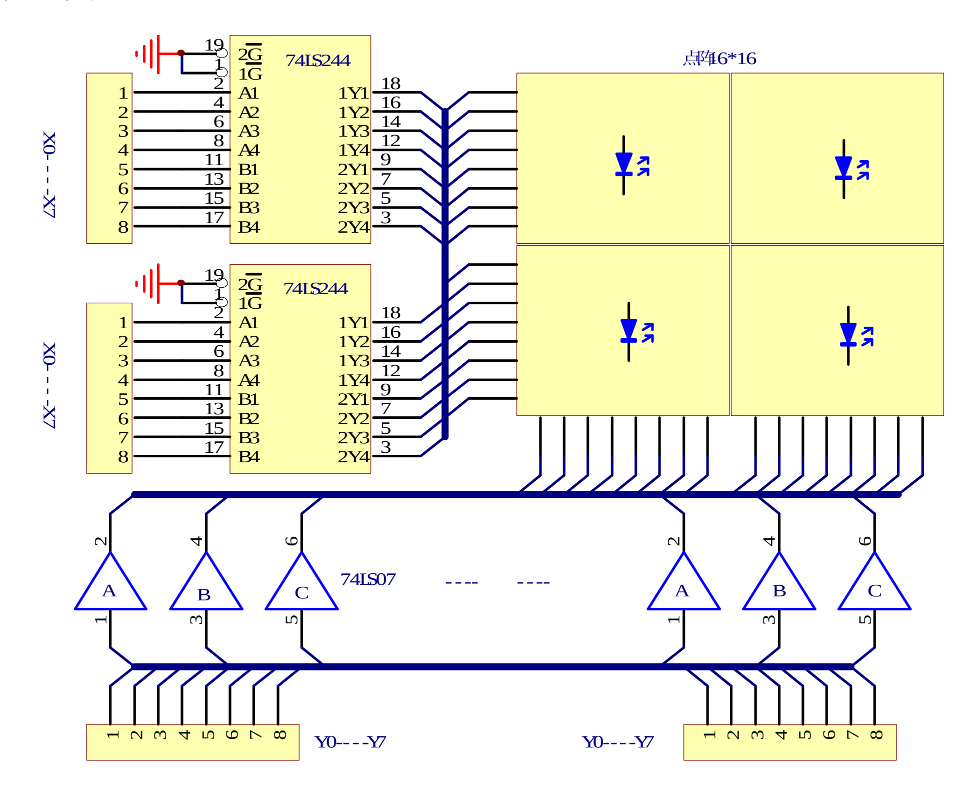
7. 程序名称：6位动态数码管显示

实训三 16*16点阵显示

一、实物图



二、原理图



三、编程指南

a. 主要组成：16*16点阵与驱动IC组成。

b. 主要用于：16*16点阵显示任意汉字。

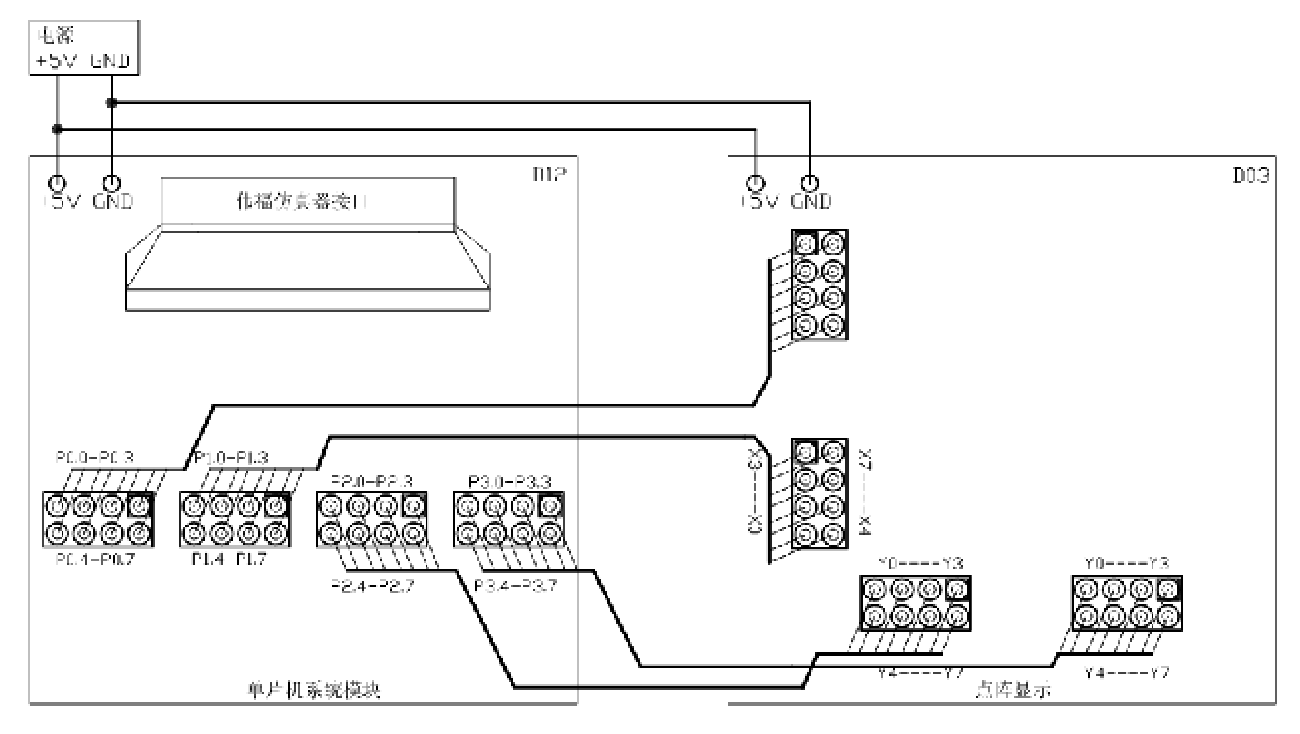
c. 控制要求：行输入高电平，列输入低电平对应LED点亮。由不同I/O口分别提供字形代码送行，列扫描信号送列扫描行，凡字形代码位"1"、列扫描信号"0"该点点亮，否则熄灭，通过逐列扫描，循环点亮字形或曲线。

四、实训内容

a. 实训目的：利用取模软件建立标准字库，编制程序实现显示汉字。利用单片机并行控制LED点阵显示。 掌握单片机与LED点阵块之间接口电路设计及编程。

b. 实训模块：D03、D12。

c. 接线图：



d. 实训步骤：

1． 依次将实训模块置入实训箱内部；

2． 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

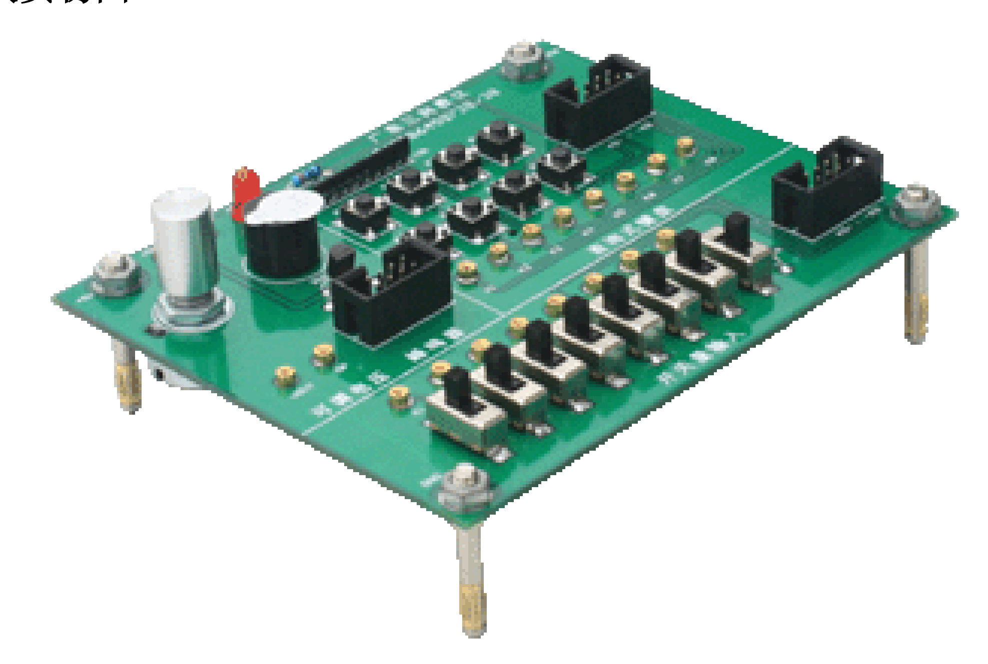
3． 接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；

4． 接信号线：使用四条排线将单片机P0口接X0-X7(左上）,P1接X0-X7（左下）,P2口接Y0-Y7（左）,P3口接Y0-Y7（右）；

5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器，运行程序，观察实训现象；
6. 实训现象：显示汉字“广东三向教仪”；
7. 程序名称：1616LED点阵。

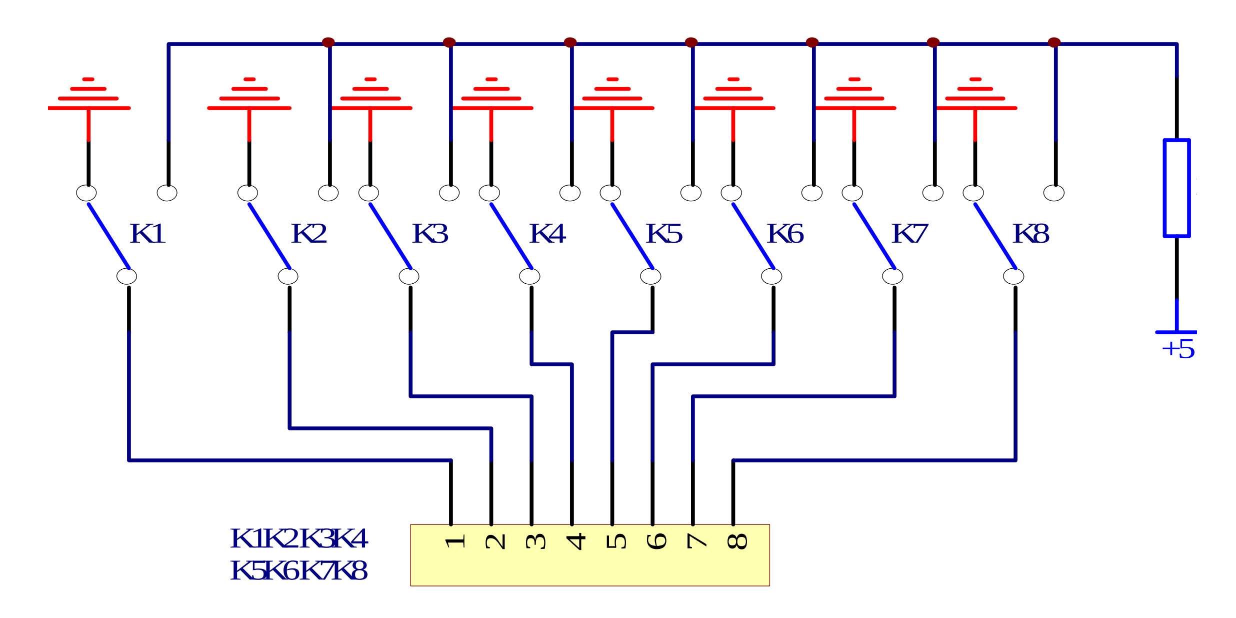
实训四　8位开关量输入，8位独立式键盘蜂鸣器，可调电压

一、模块实物图

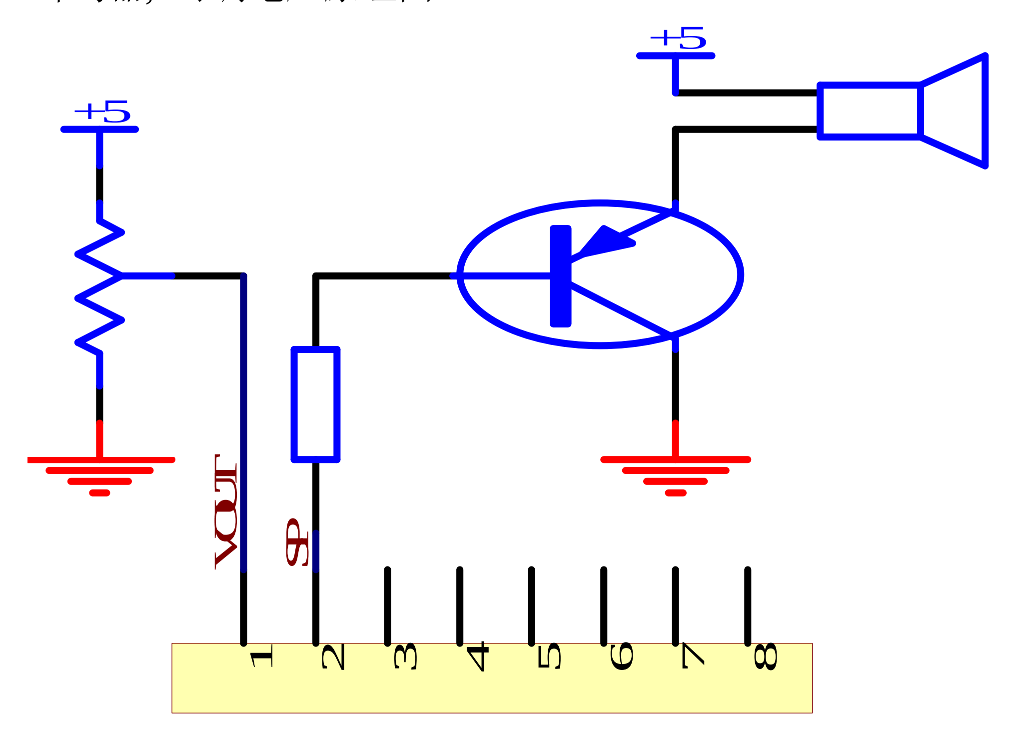


二、模块原理图

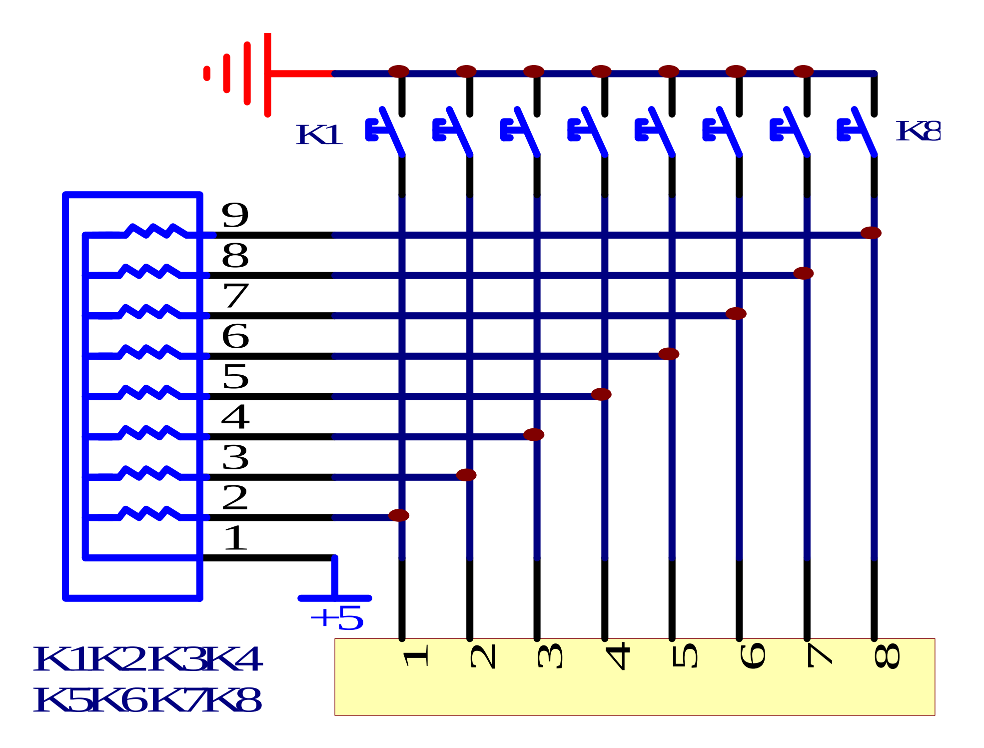
a.　8位开关量输入原理图：



b.　蜂鸣器，可调电压原理图：



c.　8位独立式键盘原理图：



三、编程指南

a.　8位开关量输入电路：8个拨动开关与上拉电阻组成。用于：拨动开关以自锁方式输出高低电平，通过拨动开关输出高低电平（常动）。

b. 蜂鸣器电路：蜂鸣器组成，用于：低电平输入蜂鸣器发出声音。

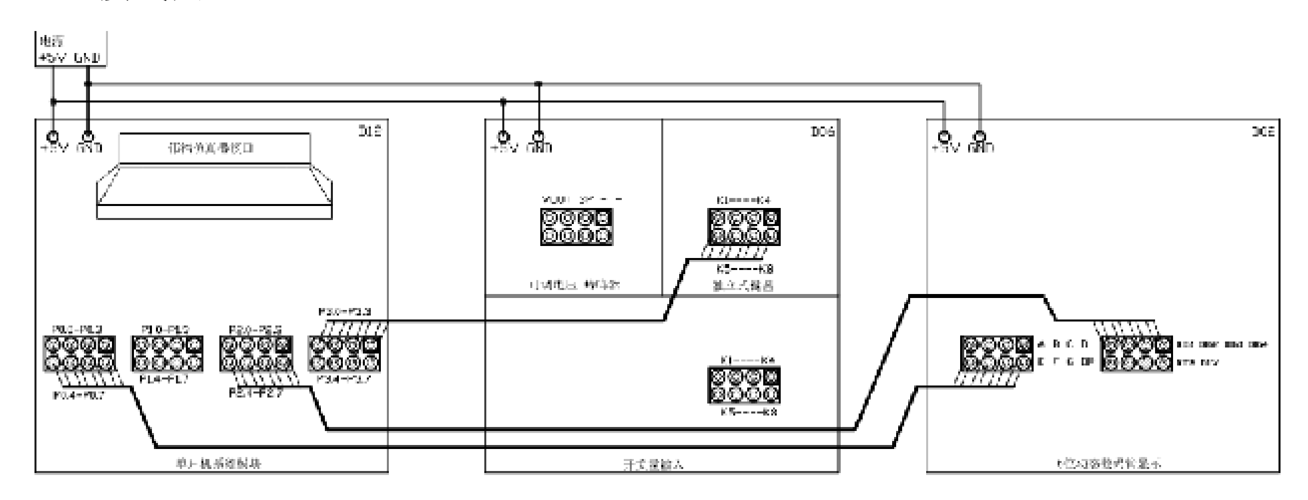
c. 可调电压电路：电位器组成。用于：通过电位器调节，输出0-5V模拟电压。

d. 8位独立式键盘电路：8个轻触开关与上拉电阻组成。用于：通过轻触开关输出高低电平（点动）。

四、实训内容

a. 实训模块：D02、D06、D12。

b. 接线图：



c. 实训步骤：

1. 依次将实训模块置入实训箱内部；

2. 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3. 接电源线： 将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；

4. 接信号线：P0口接数码管段口（A- - -DP），P2口接数码管位口(DS1---DS6)，P3接按键口（K1---K8）；

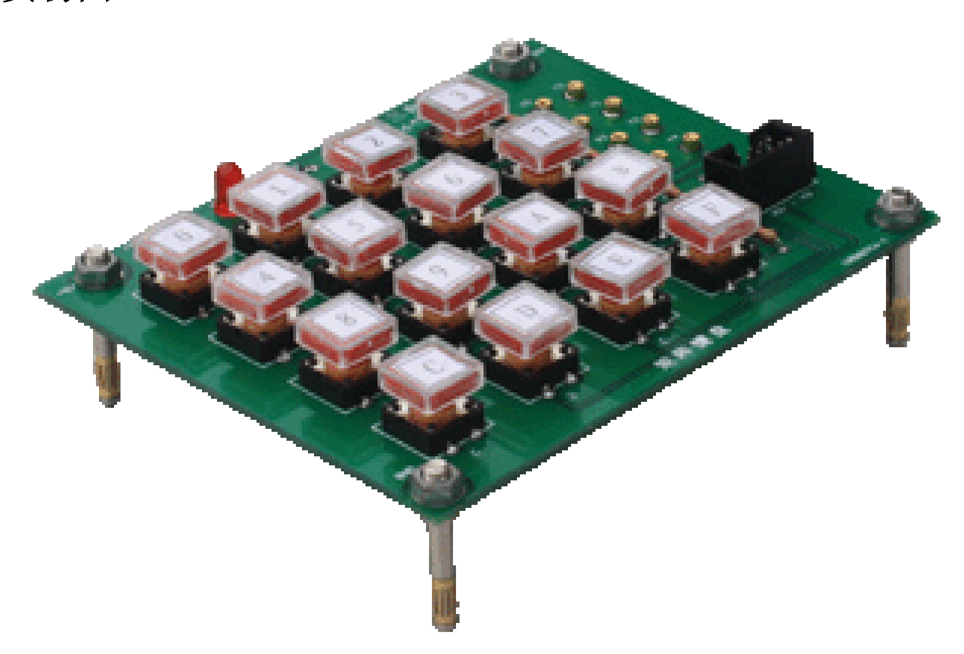
5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器，运行程序，观察实训现象；

6. 实训现象：按下相应按键显示相应数；

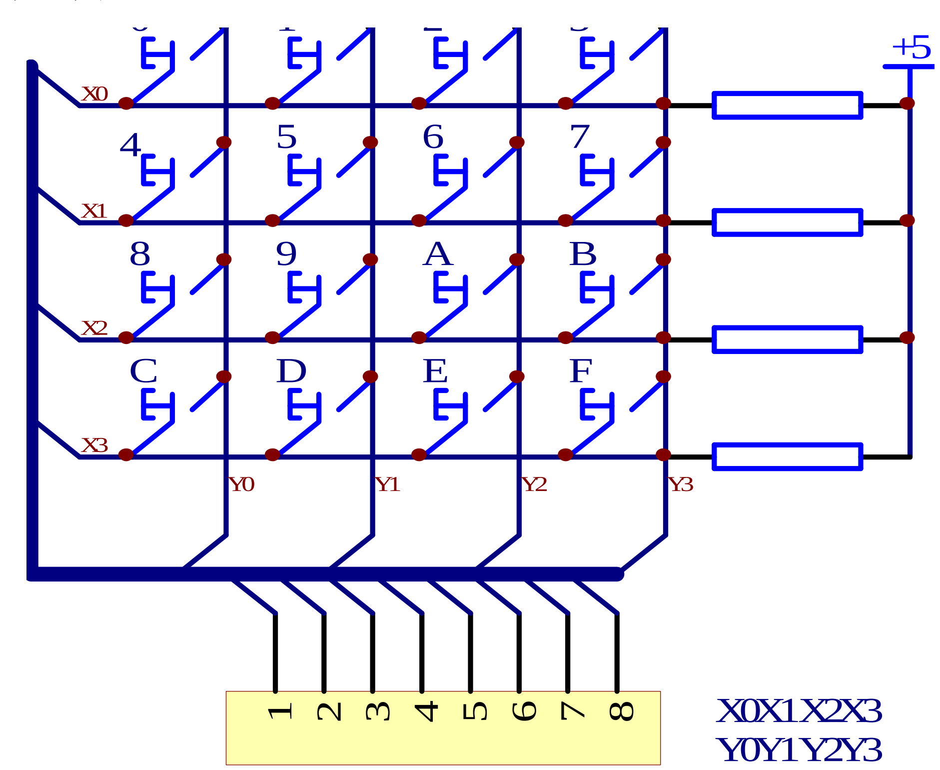
7. 程序名称：独立键盘。

实训五　4*4阵列式键盘

一、模块实物图



二、模块原理图



三、编程指南

a.　主要组成：16个轻触开关。

b.　主要用于：扩展键盘。

c. 知识点：

矩阵式键盘的按键识别方法：

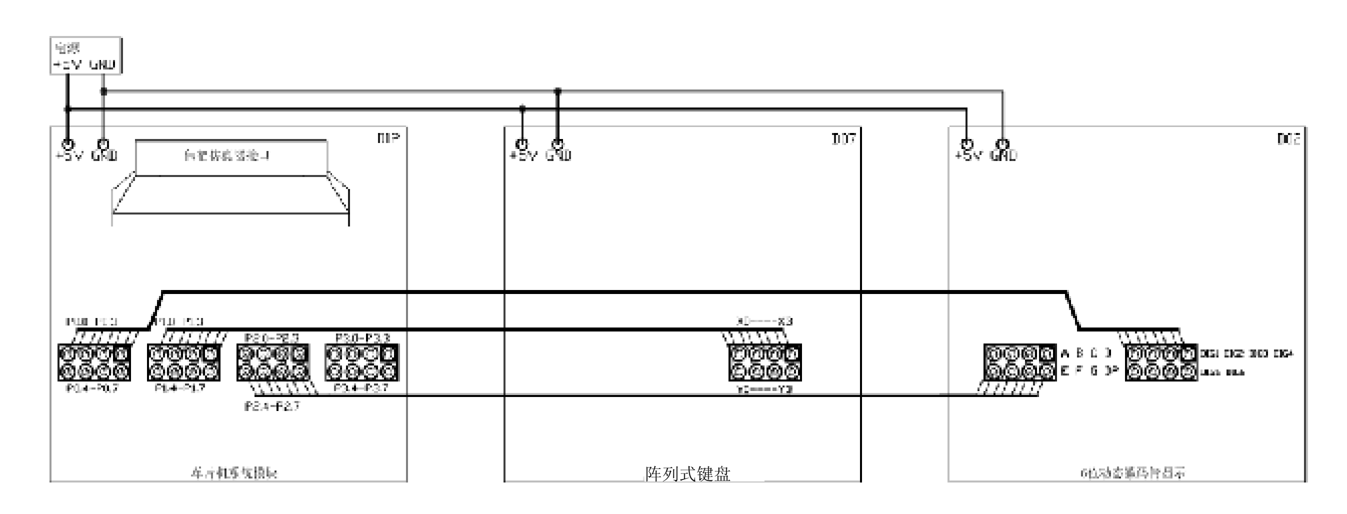
- 判断键盘中有无键按下 将全部行线Y0-Y3置低电平，然后检测列线的状态。只要有一列的电平为低，则表示键盘中有键被按下，而且闭合的键位于低电平线与4根行线相交叉的4个按键之中。若所有列线均为高电平，则键盘中无键按下。
- 判断闭合键所在的位置 在确认有键按下后，即可进入确定具体闭合键的过程。其方法是：依次将行线置为低电平，即在置某根行线为低电平时，其它线为高电平。在确定某根行线位置为低电平后，再逐行检测各列线的电平状态。若某列为低，则该列线与置为低电平的行线交叉处的按键就是闭合的按键。

四、实训内容

d. 实训目的 ：掌握4×4矩阵式键盘程序识别原理， 掌握4×4矩阵式键盘按键的设计方法。

e. 实训模块：D02、D07、D12。

f. 接线图：

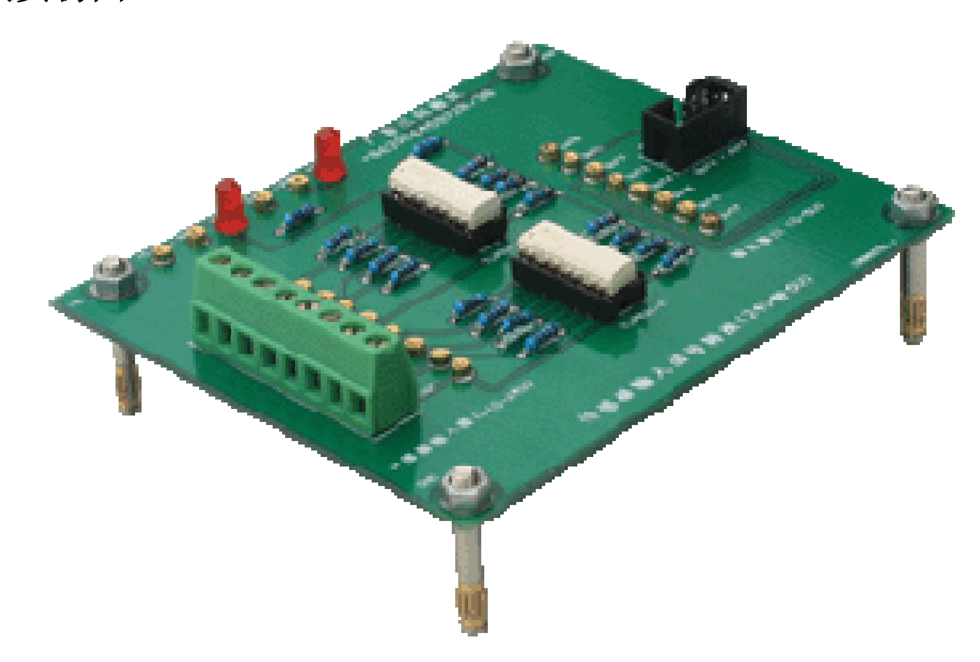


g. 实训步骤：

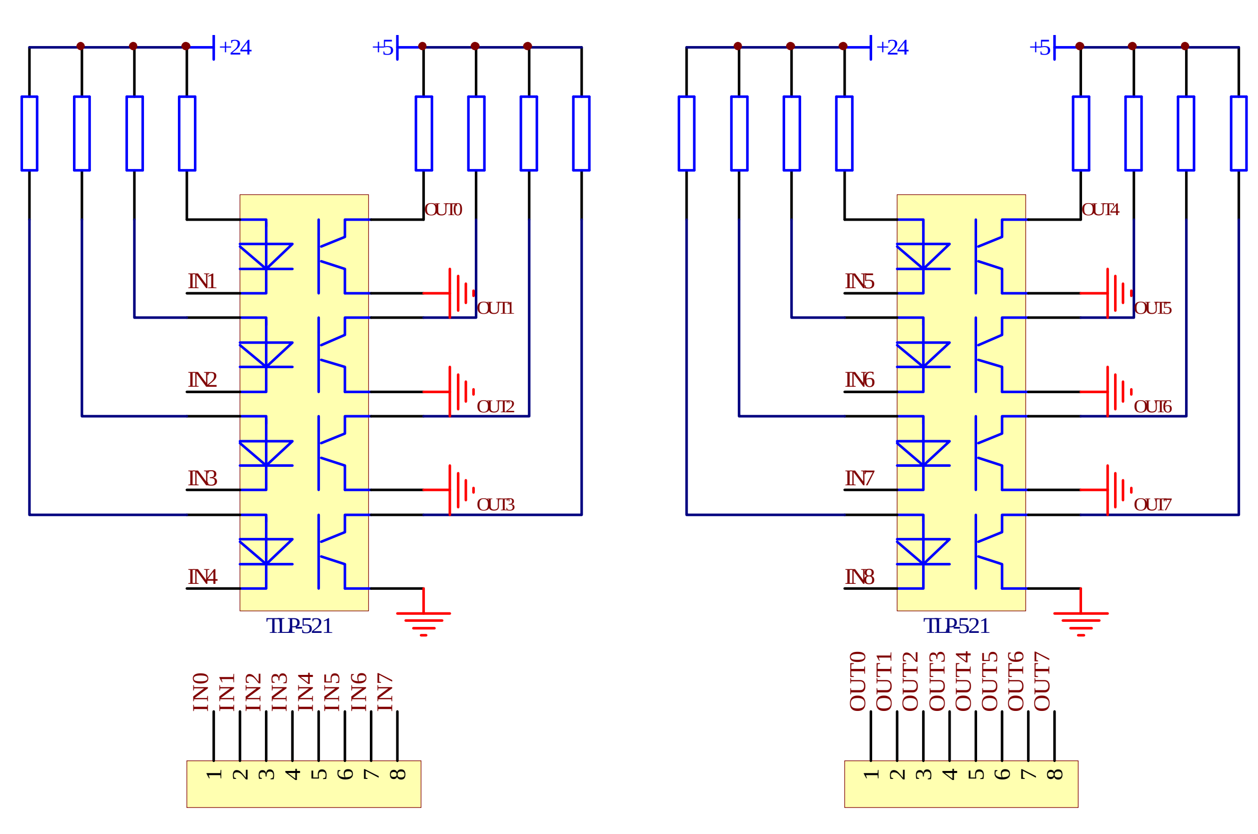
1. 依次将实训模块置入实训箱内部；
2. 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；
3. 接电源线： 将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V,GND分别接入每个实训模块；
4. 接信号线：P1口低四位接x0-x3,P1口高四位接Y0-Y3,P2口接数码管位(A---DP)，P0口接数据码管段（DS1---DS6）；
5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器，运行程序，观察实训现象；
6. 实训现象：按下相应按键显示相应数；
7. 程序名称：阵列式键盘。

实训六　传感器输入信号转换(8组光藕24V转5V)

一、模块实物图：



二、模块原理图



三、编程指南

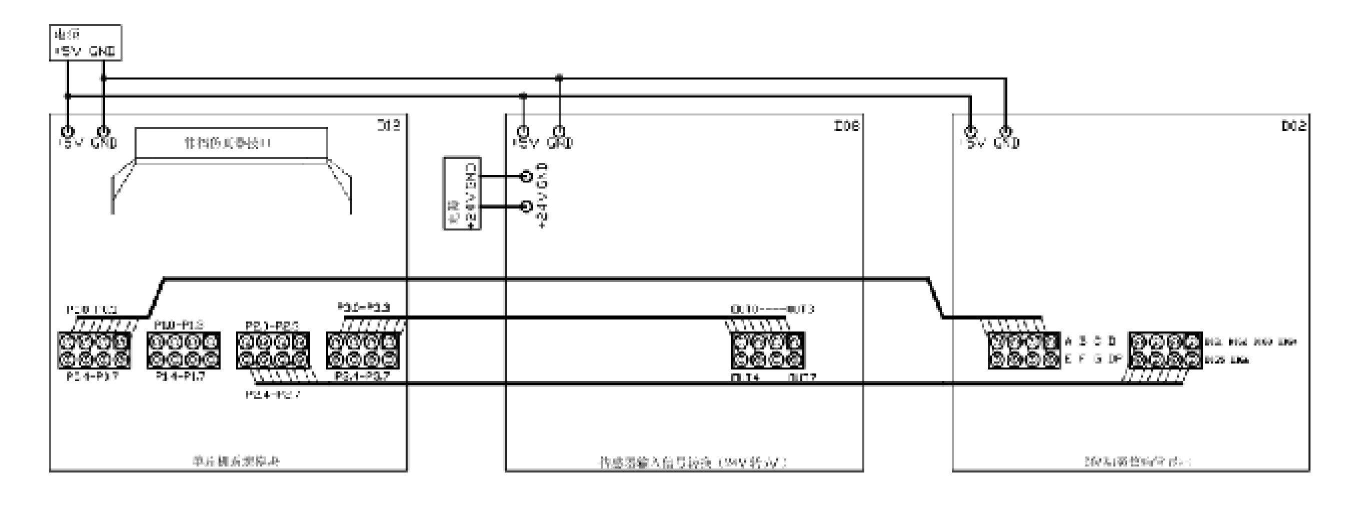
a.　主要组成：2片光藕TLP521-4。

b.　主要用于：将传感器输出的0-24V电平转换成0-5V电平。

四、实训内容

a.　实训模块：D02、D08、D12、传感器。

b.　接线图：



c.　实训步骤：

1．　依次将实训模块置入实训箱内部；

2．　将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3．　接电源线：　将实训箱5V，24V电源开关关闭，将实训箱5V，24V分别接入每个实训模块,将+24V、GND接入传感器；

4．　接信号线：将传感器输出端接入此模块输入口任意一组（IN0---IN7）。P0口接数码管段口（A---DP）,P2口接数码管位口(DS1---DS6) ,P3口接输出口（OUT0---OUT7）；

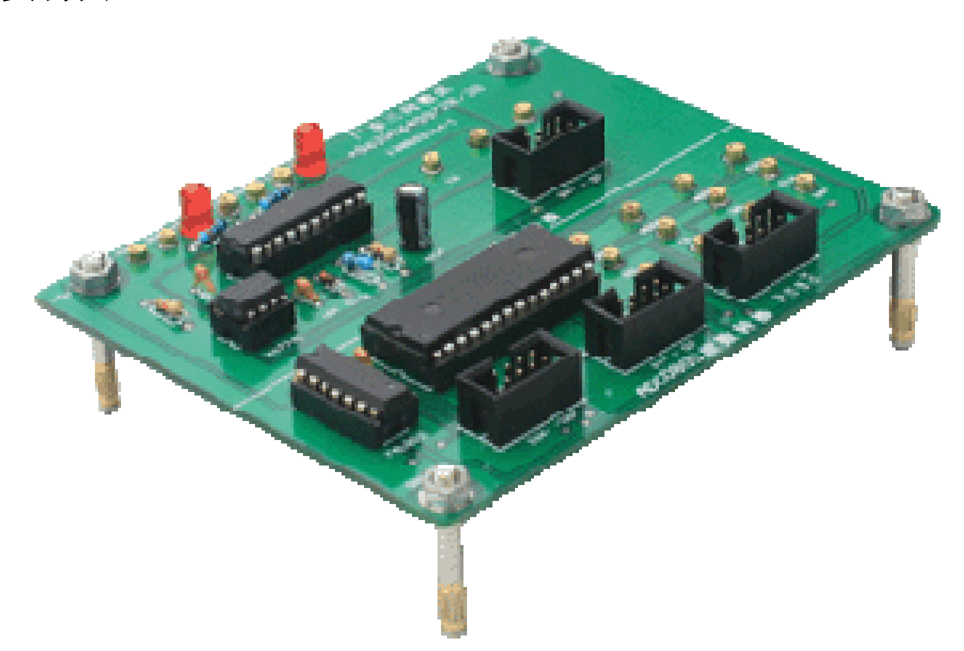
5．　检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V，24V电源开关，打开仿真器，运行程序，观察实训现象；

6．　实训现象：感应传感器，数码管显示相应数字（代表组），分别将传感器输出端接其它组别；

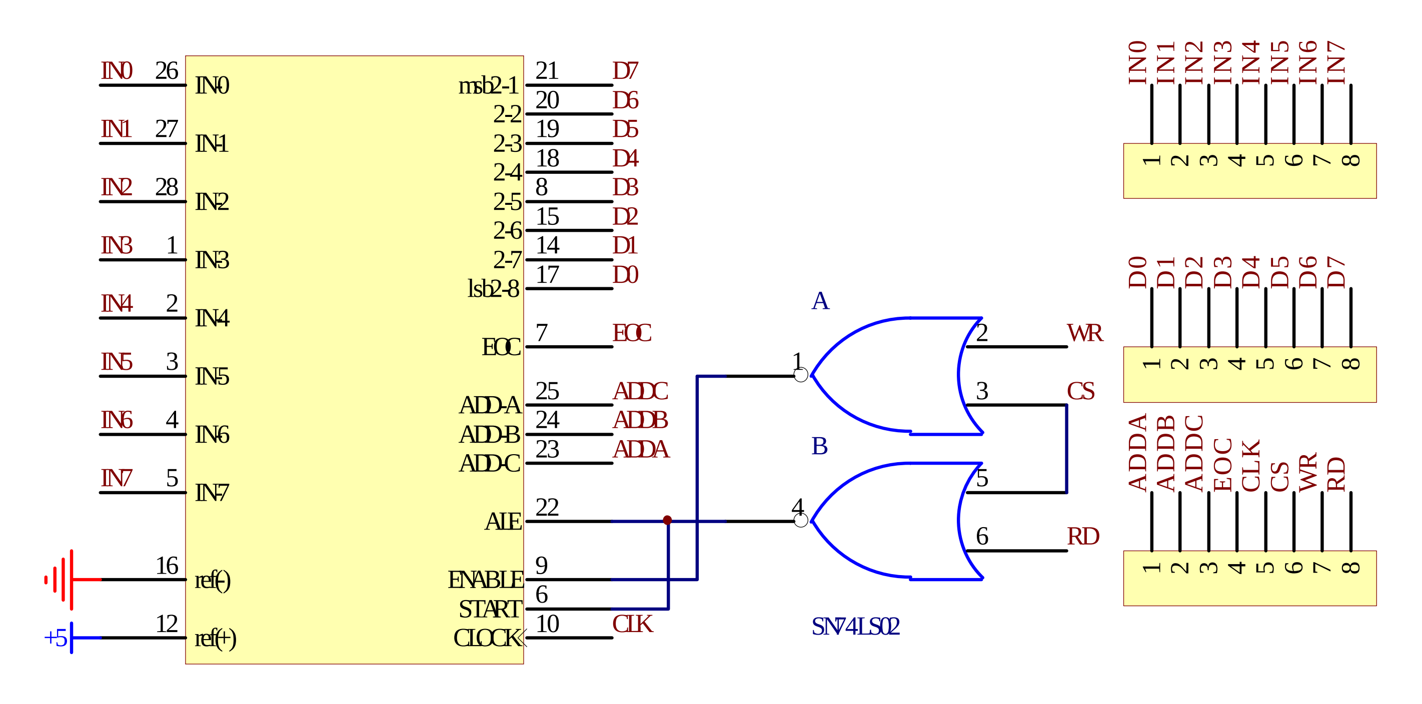
7．　程序名称：传感器输入信号转换。

实训七　A/D 0809转换

一、模块实物图



二、　模块原理



三、编程指南

a.　主要组成：ADC0809、74LS02。

b.　主要用于：模拟信号转为8位数字信号。

c.　知识点：

ADC0809是采样分辨率为8位的、以逐次逼近原理进行模—数转换的器件。其内部有一个8通道多路开关，它可以根据地址码锁存译码后的信号，只选通8路模拟输入信号中的一个进行A/D转换。

1. 主要特性

1）8 路输入通道，8 位 A／D 转换器，即分辨率为 8 位。

2）具有转换起停控制端。

3）转换时间为 100μs 。

4）单个＋5V 电源供电 。

5）模拟输入电压范围 0～＋5V，不需零点和满刻度校准。

6）工作温度范围为-40～＋85 摄氏度 。

7）低功耗，约15mW。

2. 内部结构

ADC0809 是 CMOS 单片型逐次逼近式 A／D 转换器，内部结构如图所示，它由 8 路模拟开关、地址锁存与译码器、比较器、8 位开关树型 A/D 转换器、逐次逼近 。

3. 引脚功能

ADC0809 芯片有 28 条引脚，采用双列直插式封装，如图 13．23 所示。下面说明各引脚功能。

IN0～IN7：8 路模拟量输入端。

DB0～DB7：8 位数字量输出端。

ADDA、ADDB、ADDC：3 位地址输入线，用于选通 8 路模拟输入中的一路 。

ALE：地址锁存允许信号，输入，高电平有效。

START： A／D 转换启动脉冲输入端，输入一个正脉冲（至少 100ns 宽）使其启动（脉冲上升沿使 0809 复位，下降沿启动 A/D 转换）。

EOC： A／D 转换结束信号，输出，当 A／D 转换结束时，此端输出一个高电平（转换期间一直为低电平）。

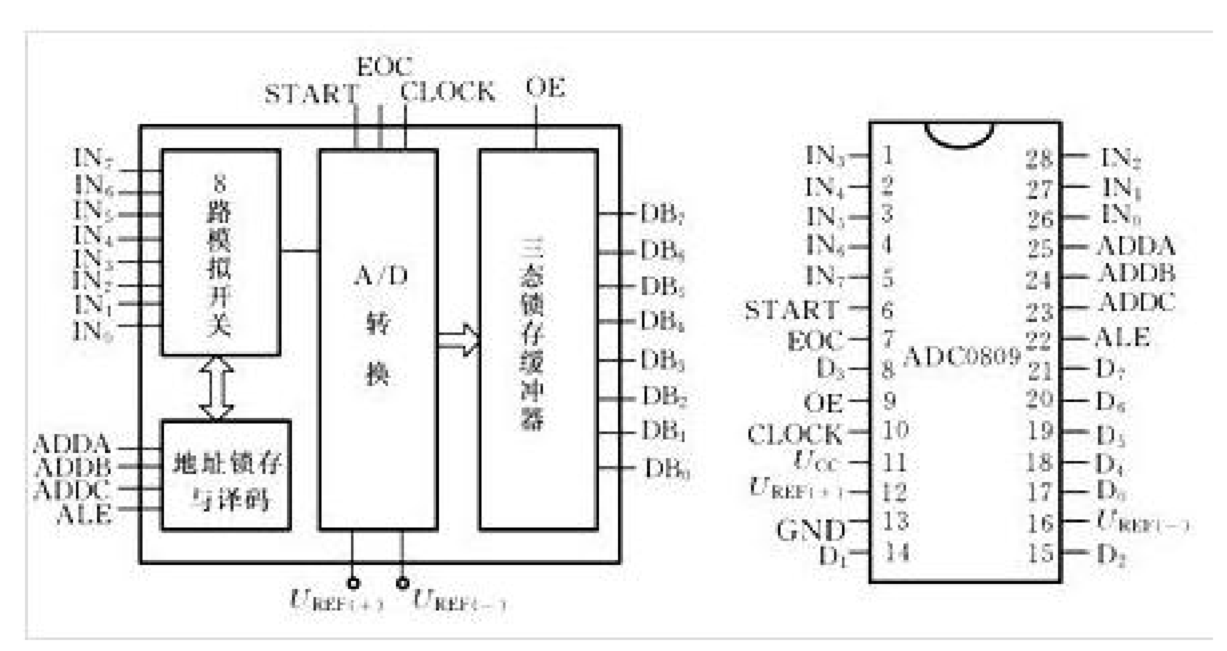
OE：数据输出允许信号，输入，高电平有效。当 A／D 转换结束时，此端输入一个高电平，才能打开输出三态门，输出数字量。

CLK：时钟脉冲输入端。要求时钟频率不高于 640KHZ。

REF（+）、REF（-）：基准电压。

Vcc：电源，单一＋5V。

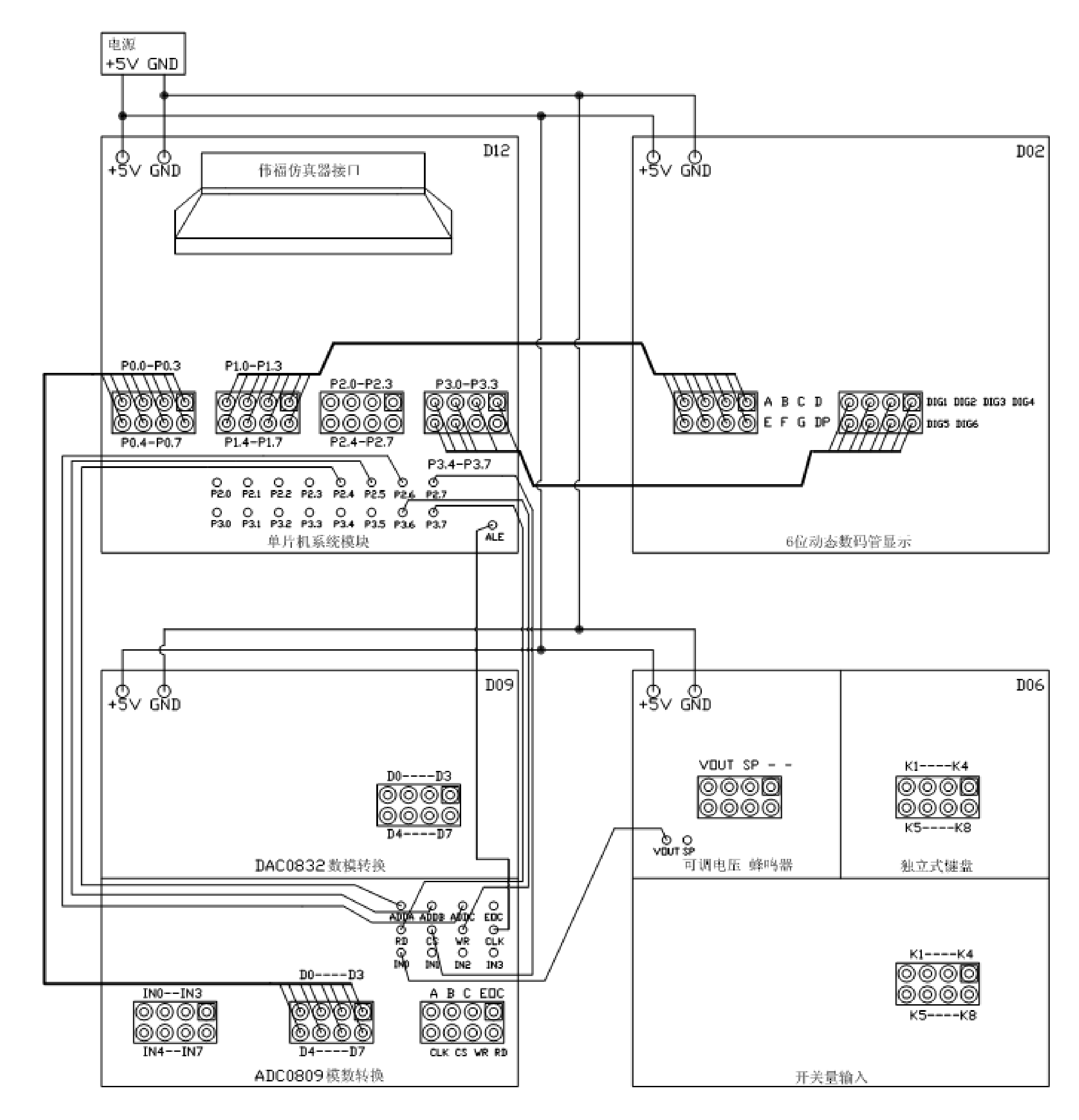
GND：地。



四、实训内容

a. 实训模块：D02、D06、D09、D12。

b. 接线图：



c. 实训步骤：

1． 依次将实训模块置入实训箱内部；

2． 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

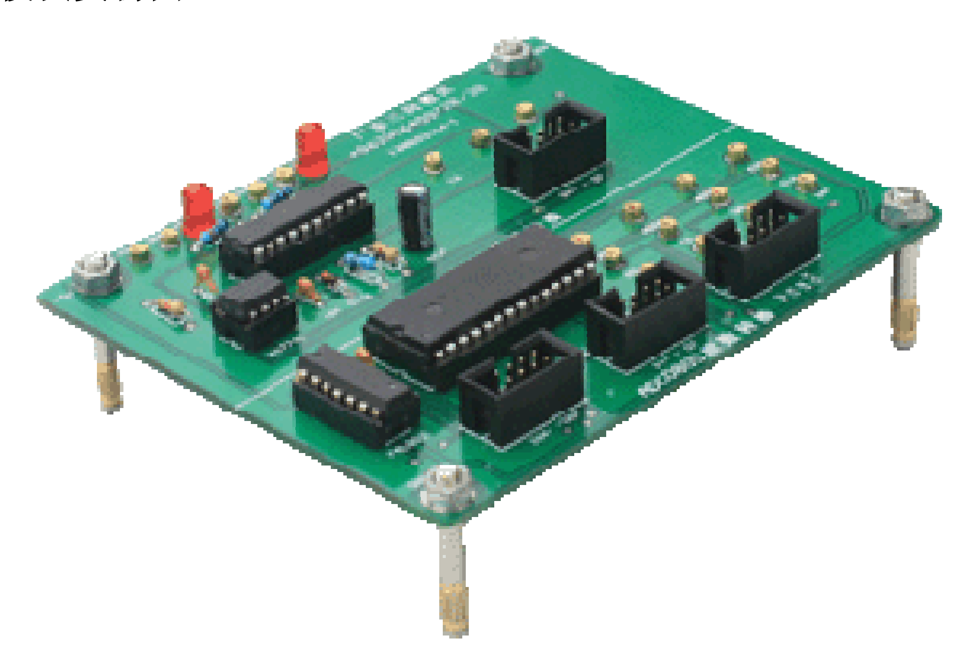
3． 接电源线： 将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V,GND分别接入每个实训模块；

4． 接信号线：将可调电压（D06,电位器）VOUT接IN0, ;P1(D12)接数码管段(D02),P3(D12)接数码管位(D02),P3.6(D12)接WR(D09),P3.7(D12)接RD(D09),P2.7(D12)接CS(D09)片选,P2.4~p2.6(D12)接A,B,C地址线.(D09)，P0（D12）接数据口(P09)，ALE接CLK；

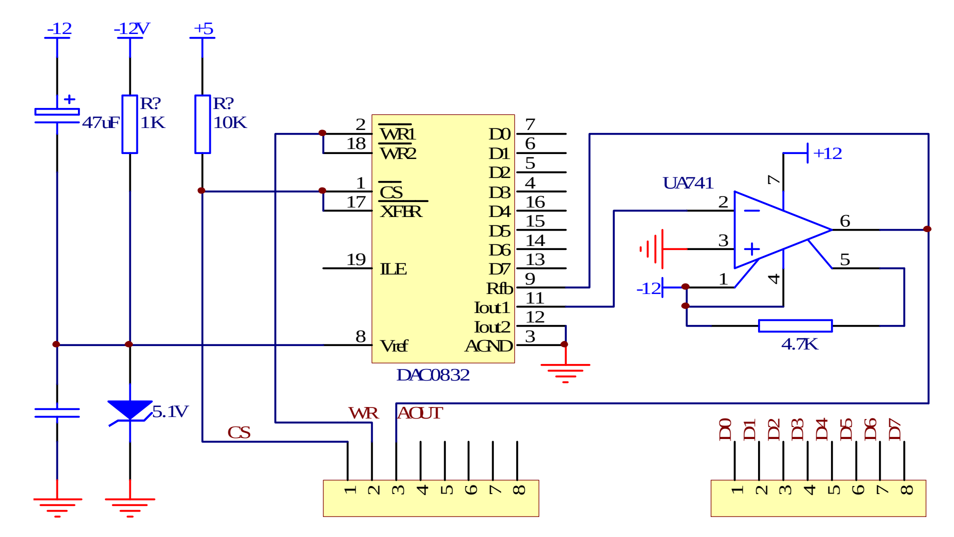
5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器，运行程序，观察实训现象；
6. 实训现象：调节电位器，数码管显示0-255数字；。
7. 程序名称：A/D 0809转换。

实训八　D/A 0832转换

一、模块实物图



二、模块原理图



三、编程指南

a.　主要组成：DAC0832、UA741。

b.　主要用于：8位数字信号转为模拟信号。

c.　控制要求：输出0-5V模拟电压。

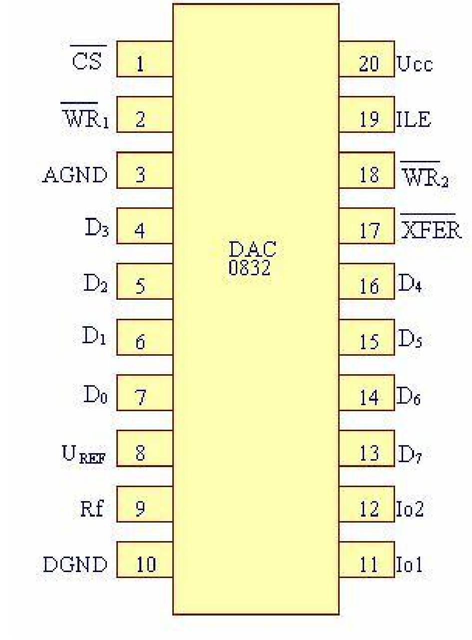
d.　知识点：

1．　DAC0832芯片：

DAC0832是8分辨率的D/A转换集成芯片。与微处理器完全兼容。这个DA芯片以其价格低廉、接口简单、转换控制容易等优点，在单片机应用系统中得到广泛的应用。D/A转换器由8位输入锁存器、8位DAC寄存器、8位D/A转换电路及转换控制电路构成。

2. DAC0832的主要特性参数如下：

- 分辨率为 8 位；
- 电流稳定时间 1us；
- 可单缓冲、双缓冲或直接数字输入；
- 只需在满量程下调整其线性度；
- 单一电源供电（+5V～+15V）；
- 低功耗，200mW。



3. 引脚功能：

- D0～D7：8位数据输入线，TTL电平，有效时间应大于90ns(否则锁存器的数据会出错)；
- ILE：数据锁存允许控制信号输入线，高电平有效；
- CS：片选信号输入线（选通数据锁存器），低电平有效；
- WR1：数据锁存器写选通输入线，负脉冲（脉宽应大于500ns）有效。由ILE、CS、WR1的逻辑组合产生LE1，当LE1为高电平时，数据锁存器状态随输入数据线变换，LE1的负跳变时将输入数据锁存；
- XFER：数据传输控制信号输入线，低电平有效，负脉冲（脉宽应大于500ns）有效；
- WR2：DAC寄存器选通输入线，负脉冲（脉宽应大于500ns）有效。由WR2、XFER的逻辑组合产生LE2，当LE2为高电平时，DAC寄存

器的输出随寄存器的输入而变化，LE2的负跳变时将数据锁存器的内容打入DAC寄存器并开始D/A转换。

- IOUT1：电流输出端1，其值随DAC寄存器的内容线性变化；
- IOUT2：电流输出端2，其值与IOUT1值之和为一常数；
- Rfb：反馈信号输入线，改变Rfb端外接电阻值可调整转换满量程精度；
- Vcc：电源输入端，Vcc的范围为+5V～+15V；
- VREF：基准电压输入线，VREF的范围为-10V～+10V；
- AGND：模拟信号地。
- DGND：数字信号地。

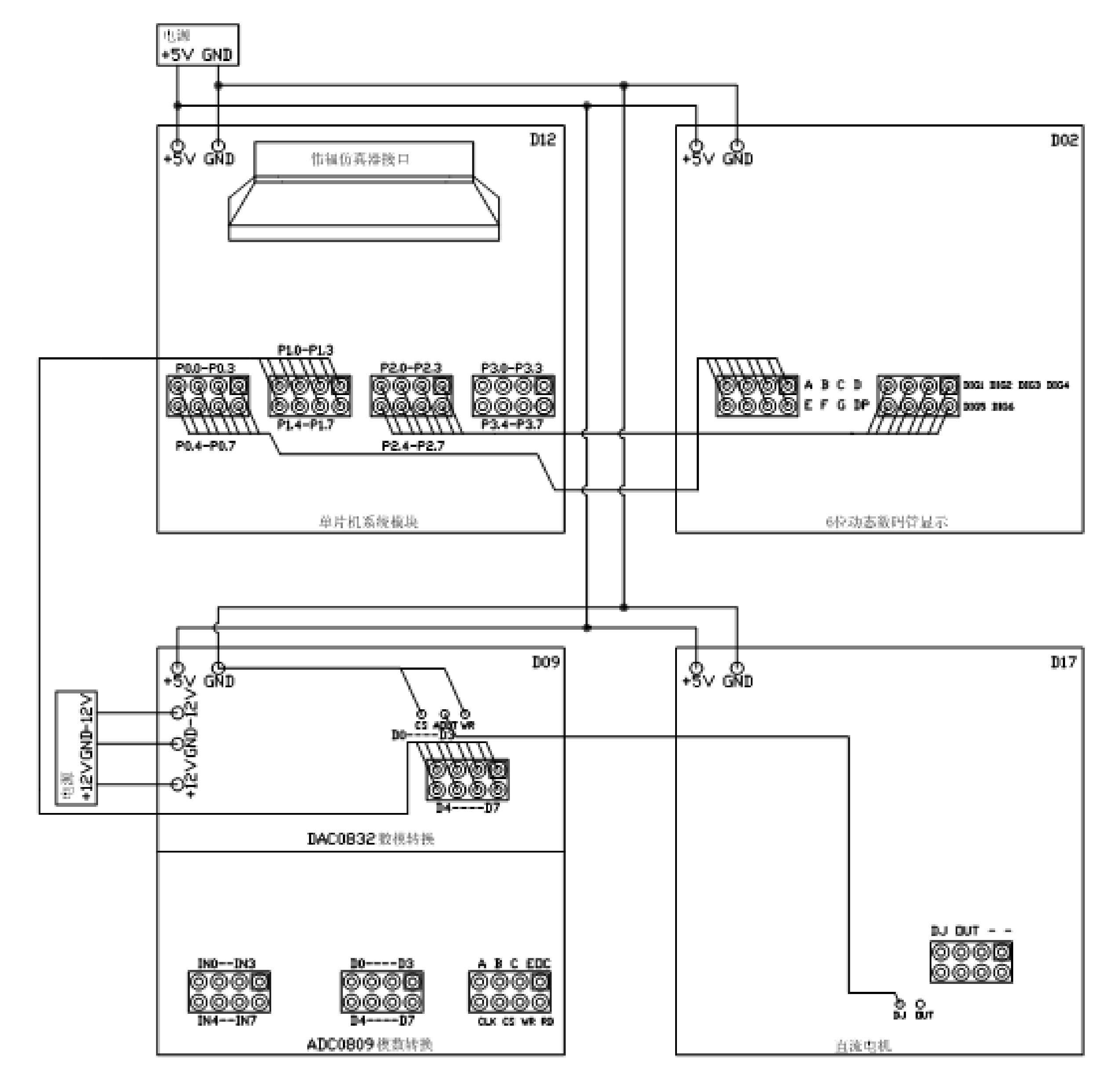
4. DAC0832的工作方式:

- ⑴**单缓冲方式。**单缓冲方式是控制输入寄存器和 DAC 寄存器同时接收资料，或者只用输入寄存器而把 DAC 寄存器接成直通方式。此方式适用只有一路模拟量输出或几路模拟量异步输出的情形。
- **双缓冲方式。**双缓冲方式是先使输入寄存器接收资料，再控制输入寄存器的输出资料到 DAC 寄存器，即分两次锁存输入资料。此方式适用于多个 D/A 转换同步输出的情节。
- **直通方式。**直通方式是数据不经两级锁存器锁存，ILE接高电平。此方式适用于连续反馈控制线路，不过在使用时，必须通过另加I/O接口与CPU连接，以匹配CPU与D/A转换。

四、实训内容

a. 实训模块：D02、D09、D12、D17。

b. 接线图：



c. 实训步骤：

1． 依次将实训模块置入实训箱内部；

2． 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3． 接电源线： 将实训箱5V、12V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND,±12V、GND分别接入对应实训模块；

4． 接信号线：CS 接P2.7， WR接WR，AOUT(D09)接DJ(D17)，数据口 (D09)接P0(D12)，P1、P3(D12)接数码管位段、位（D02）；

5． 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真

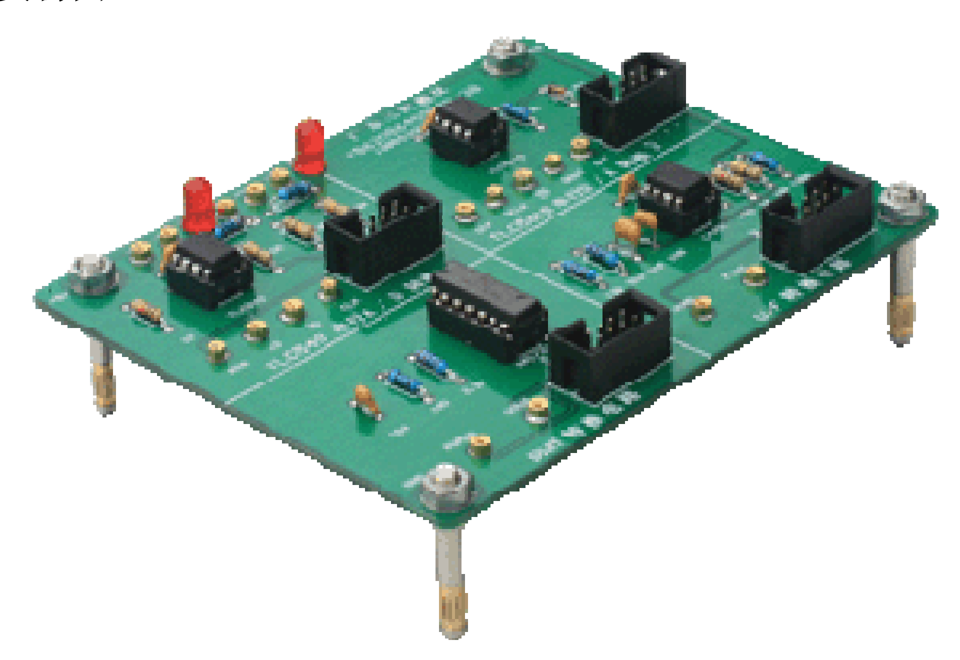
器，运行程序，观察实训现象；

6. 实训现象：电机加速后减速，数码管显示数字大小表示电机速度快慢；

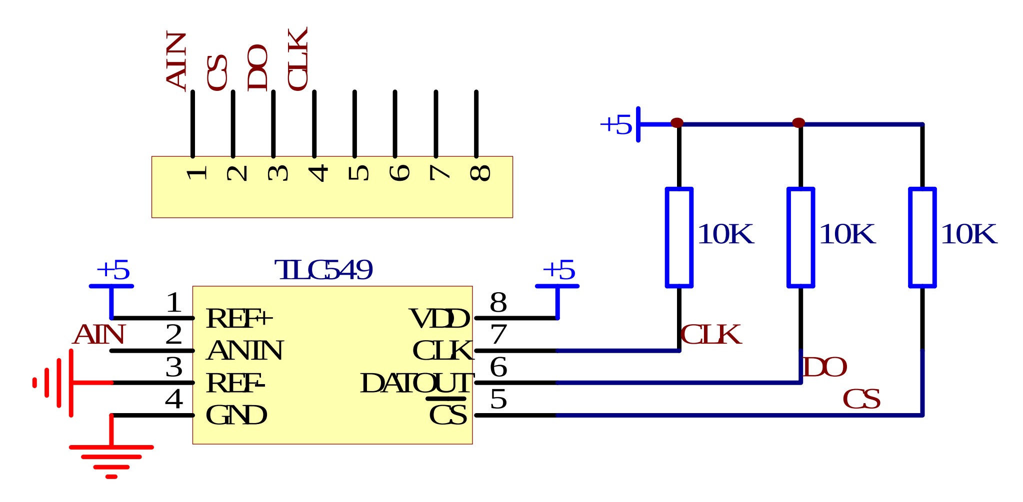
7. 程序名称：DAC0832转换。

实训九　TLC549 串行A/D转换

一、模块实物图：



二、模块原理图：



三、编程指南：

a.　主要组成：TLC549。

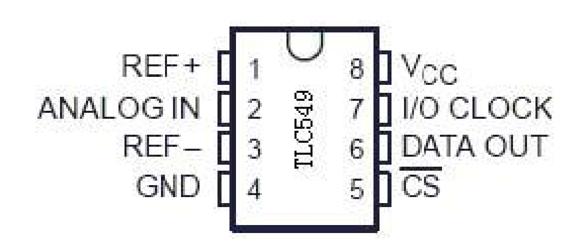
b.　主要用于： 8 位模拟电压转换为数字信号。

c.　知识点：

TLC549是TI公司生产的一种低价位、高性能的 8 位A/D转换器，它以 8 位开关电容逐次逼近的方法实现A/D转换，其转换速度小于17us，最大转换速率为40000HZ，4MHZ典型内部系统时钟，电源为3V至6V。它能方便地采用三线

串行接口方式与各种微处理器连接，构成各种廉价的测控应用系统。

- TLC549引脚图及各引脚功能：



ＲＥＦ＋：正基准电压输入2.5V≤REF+≤Vcc+0.1。

ＲＥＦ－：负基准电压输入端，-0.1V≤REF-≤2.5V。

且要求：（REF+）－　（REF-）≥1V。

VCC：系统电源３Ｖ≤Vcc≤６Ｖ。

GND：接地端。

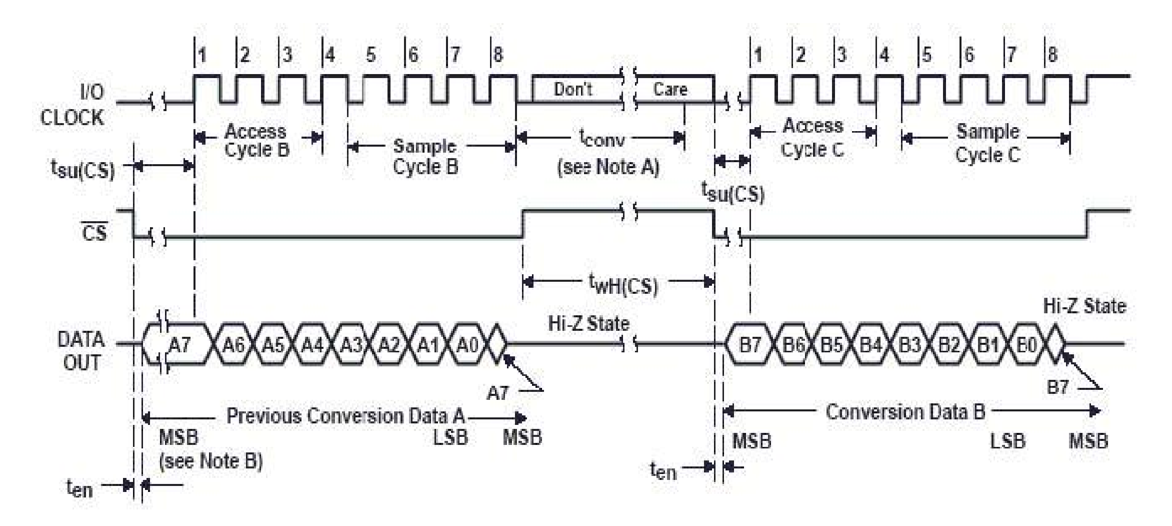
/CS：芯片选择输入端，要求输入高电平VIN≥２Ｖ，输入低电平VIN≤0.8V。

DATA　OUT：转换结果数据串行输出端，与TTL电平兼容，输出时高位在前，低位在后。

ANALOGIN：模拟信号输入端，０≤ANALOGIN≤Vcc，当ANALOGIN≥REF+电压时，转换结果为全“1”(0FFH)，ANALOGIN≤REF-电压时，转换结果为全“０”(00H)。

I/O　CLOCK：外接输入／输出时钟输入端，同于同步芯片的输入输出操作，无需与芯片内部系统时钟同步。

- TLC549器件工作时序：

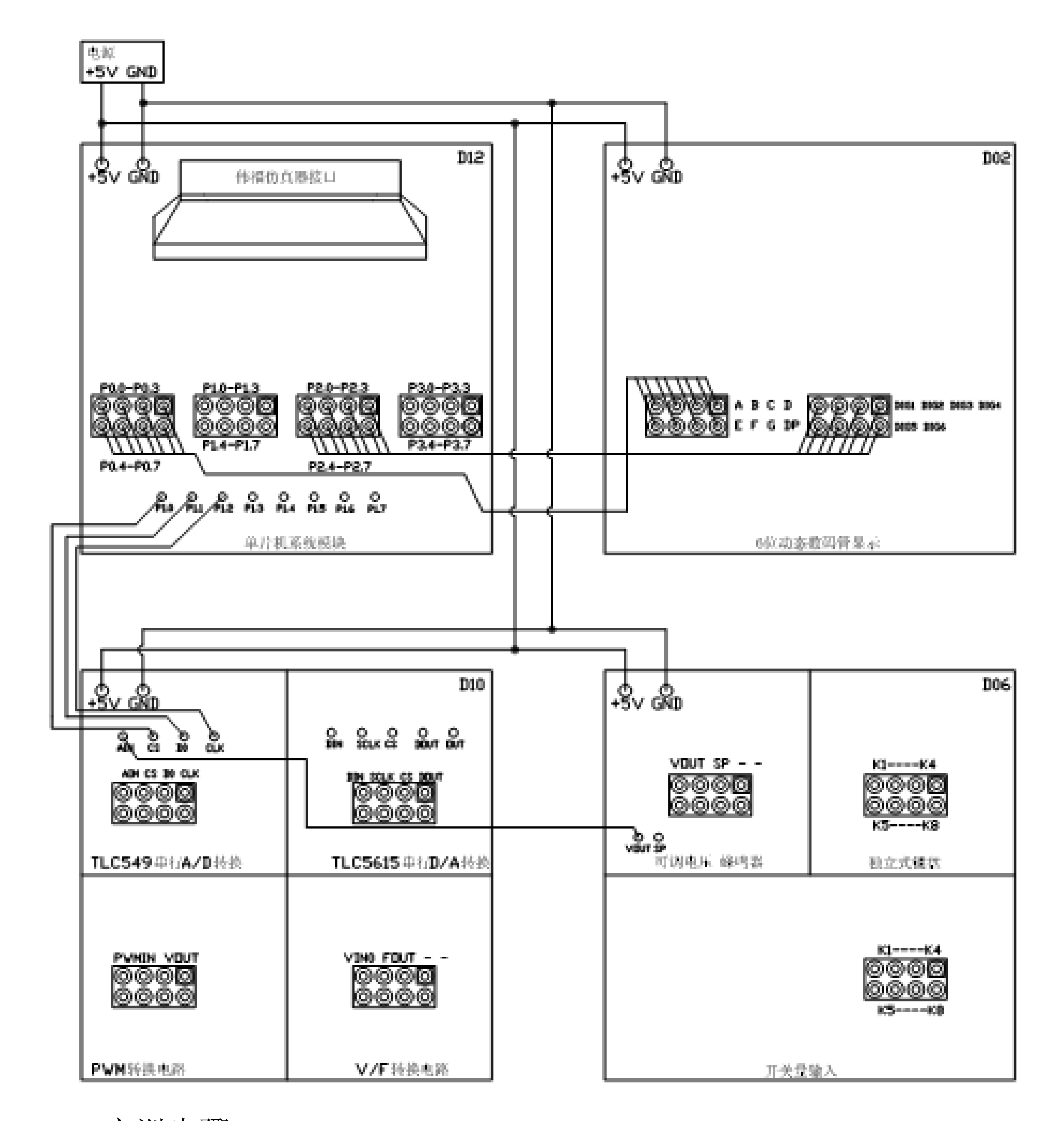


当/CS变为低电平后，TLC549芯片被选中，同时前次转换结果的最高有效位MSB（A7）自DATA OUT端输出，接着要求自I/O CLOCK端输入８个外部时钟信号，前７个I/O CLOCK信号的作用，是配合TLC549输出前次转换结果的A6-A7位，并为本次转换做准备：在第４个I/O CLOCK信号由高至低的跳变之后，片内采样/保持电路对输入模拟量采样开始，第８个I/O CLOCK信号的下降沿使片内采样/保持电路进入保持状态并启动A/D开始转换。转换时间为36个系统时钟周期，最大为17us。直到A/D转换完成前的这段时间内，TLC549的控制逻辑要求：或者/CS保持高电平，或者I/O CLOCK时钟端保持３６个系统时钟周期的低电平。由此可见，在自TLC549的I/O CLOCK端输入８个外部时钟信号期间需要完成以下工作：读入前次Ａ／Ｄ转换结果；对本次转换的输入模拟信号采样并保持；启动本次A/D转换开始。

四、实训内容

a.　实训模块：D02、D06、D10、D12。

b.　接线图：



c. 实训步骤：

1． 依次将实训模块置入实训箱内部；

2． 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3． 接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V,GND分别接入每个实训模块；

4． 接信号线：P0、P2 (D12)接数码管段、位（D02），P1.0、P1.1、P1.2(D12)接CS、DO、SCLK，AIN（D10）接电位器VOUT(D06) ；

5． 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真

器开关，运行程序，观察实训现象；

6. 实训现象：调节电位器数码管显示数字0-255；

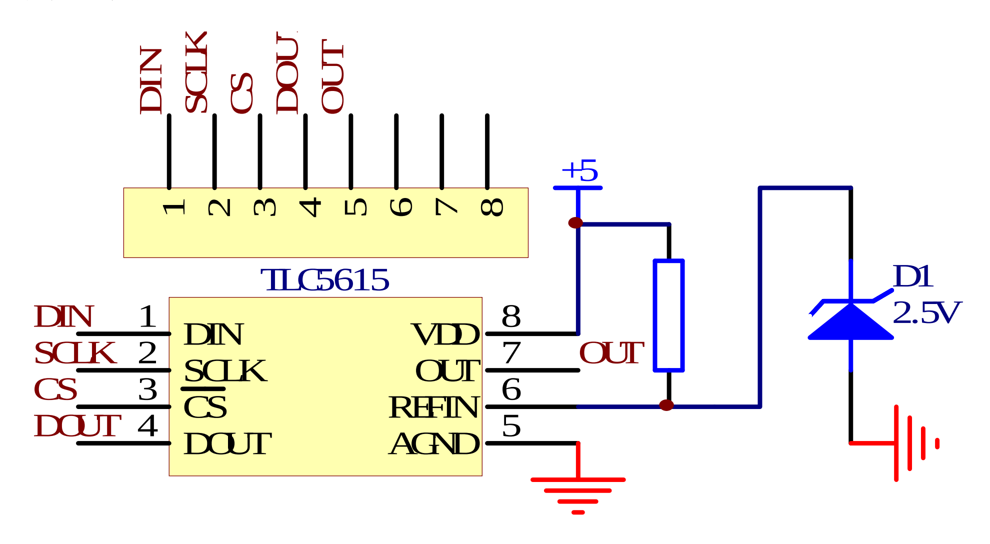
7. 程序名称：TLC549。

实训十　TLC5615 10位 D/A

一、模块实物图：

参考实训九

二、模块原理图：



三、编程指南：

a.　主要组成：TLC5615。

b.　主要用于：数字信号转换模拟电压输出。

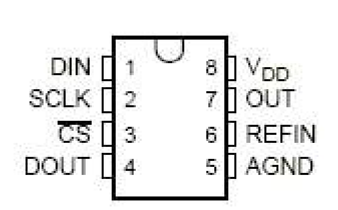
c.　知识点：

l TLC5615为美国德州仪器公司1999年推出的产品，是具有串行接口的数模转换器，其输出为电压型，最大输出电压是基准电压值的两倍。带有上电复位功能，即把DAC寄存器复位至全零。性能比早期电流型输出的DAC要好。只需要通过3 根串行总线就可以完成10 位数据的串行输入，易于和工业标准的微处理器或微控制器(单片机) 接口，适用于电池供电的测试仪表、移动电话,也适用于数字失调与增益调整以及工业控制场合。

l TLC5615器件的引脚图及各引脚功能。

DIN：　串行数据输入端；

SCLK：串行时钟输入端；



/CS：　芯片选用通端，低电平有效；

DOUT：　用于级联时的串行数据输出端；

AGND：　模拟地；

OUT：　DAC模拟电压输出端；

VDD：　正电源端，4.5～5.5V ,通常取5V。

- 功能框图

TLC5615的内部功能框图如下图所示,它主要由以下几部分组成：

1、 10 位DAC 电路；

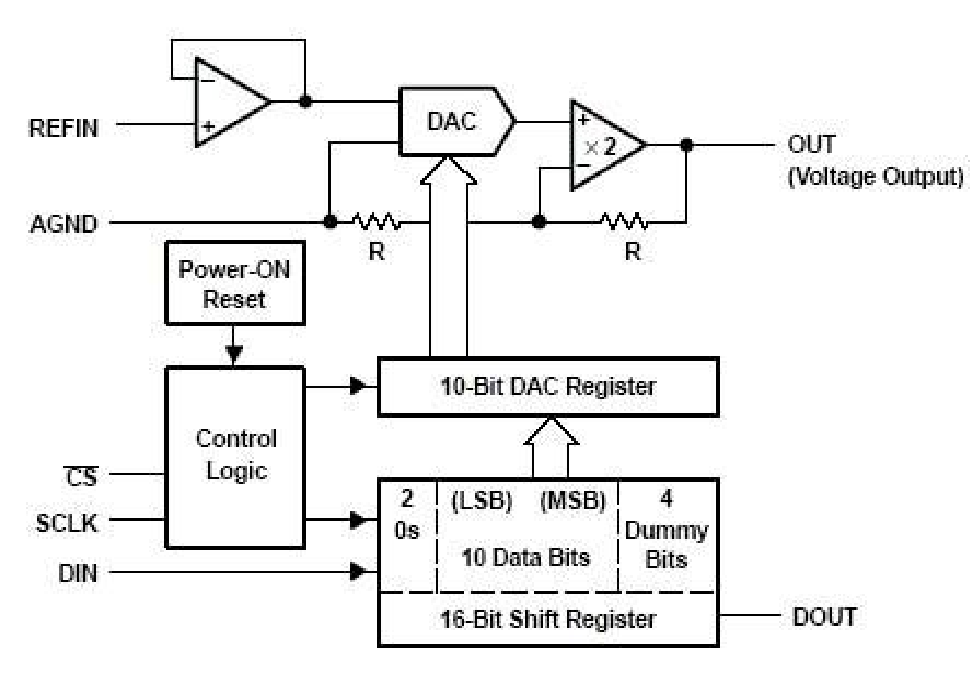
2、 一个16 位移位寄存器，接受串行移入的二进制数,并且有一个级联的数据输出端DOUT；

3、 并行输入输出的10 位DAC 寄存器，为10位DAC 电路提供待转换的二进制数据；

4、 电压跟随器为参考电压端REFIN 提供很高的输入阻抗,大约10MΩ；

5、 ×2 电路提供最大值为2 倍于REFIN 的输出；

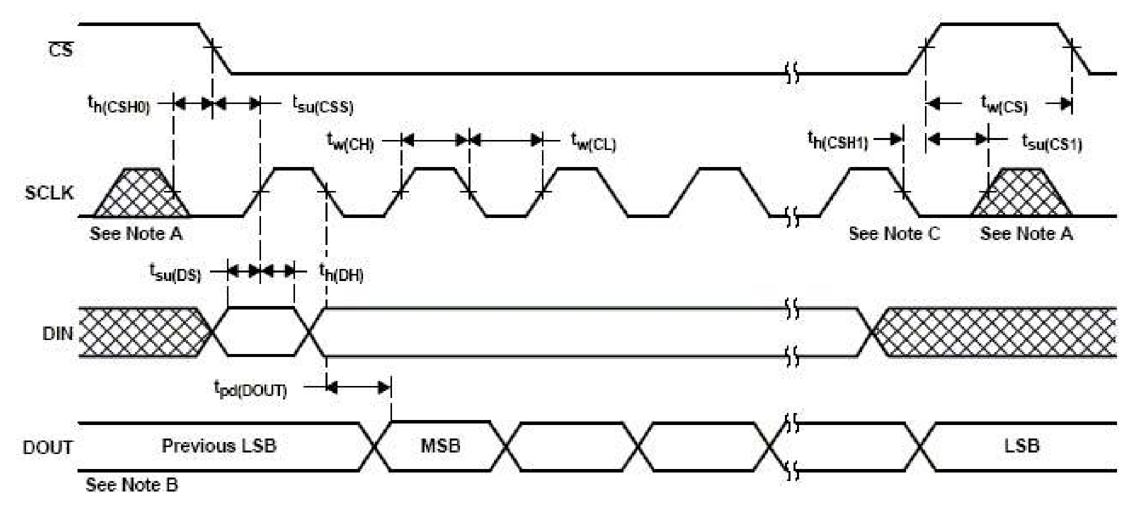
6、 上电复位电路和控制电路。



- 两种工作方式：（A）从上图可以看出，16位移位寄存器分为高4位虚拟

位、低两位填充位以及10位有效位。在单片TLC5615工作时，只需要向16 位移位寄存器按先后输入10 位有效位和低2 位填充位，2 位填充位数据任意，这是第一种方式，即12 位数据序列。（B）第二种方式为级联方式，即16 位数据列，可以将本片的DOU T 接到下一片的DIN ，需要向16 位移位寄存器按先后输入高4 位虚拟位、10 位有效位和低2 位填充位，由于增加了高4 位虚拟位，所以需要16 个时钟脉冲。

l　TLC5615的工作时序



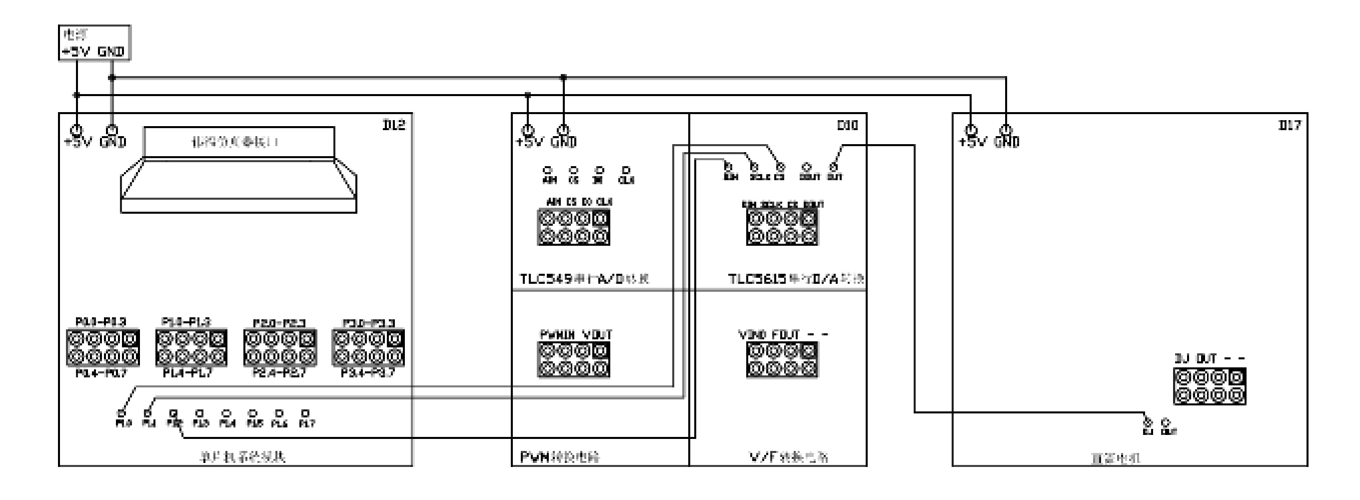
l　TLC5615 工作时序如上图所示。可以看出，只有当片选CS 为低电平时，串行输入数

据才能被移入16 位移位寄存器。当CS 为低电平时，在每一个SCLK 时钟的上升沿将DIN 的一位数据移入16位移寄存器。注意，二进制最高有效位被导前移入。接着，CS 的上升沿将16 位移位寄存器的10 位有效数据锁存于10 位DAC 寄存器，供DAC 电路进行转换；当片选CS 为高电平时，串行输入数据不能被移入16 位移位寄存器。注意，CS 的上升和下降都必须发生在SCL K 为低电平期间。

四、实训内容

a.　实训模块：　D10、D12、D17。

b.　接线图：



c. 实训步骤：

1．依次将实训模块置入实训箱内部；

2．将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3．接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V,GND分别接入每个实训模块；

4．接信号线：P1.0 、P1.1、P1.2(D12)分别接CS、SLCLK、DIN (D10), OUT(D10)接DJ(D17) ；

5．检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器开关，运行程序，观察实训现象；

6．实训现象：电机速度由快到慢循环运转。用万用表直流电压档观察VOUT（D10），电压连续循环高低变化；

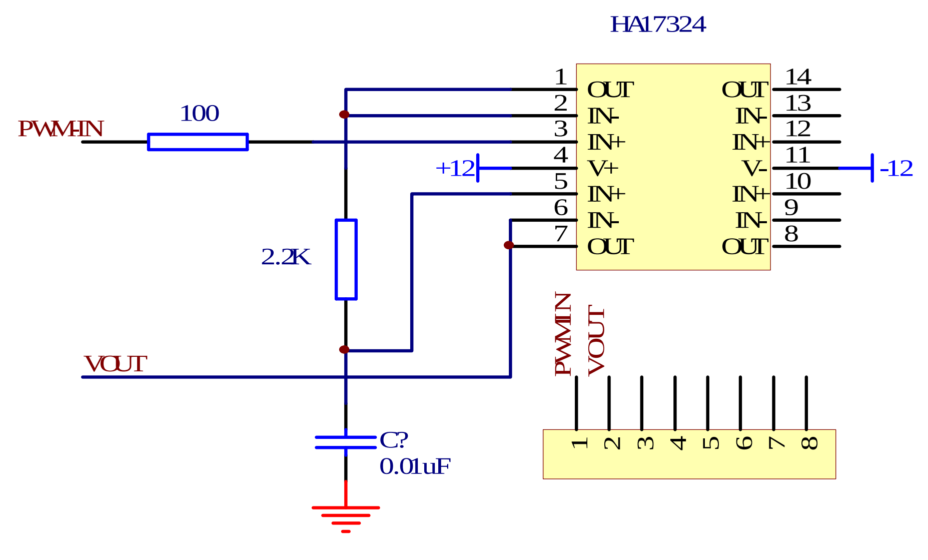
7．程序名称：TLC5615。

实训十一　PWM转换

一、模块实物图：

参考实训九

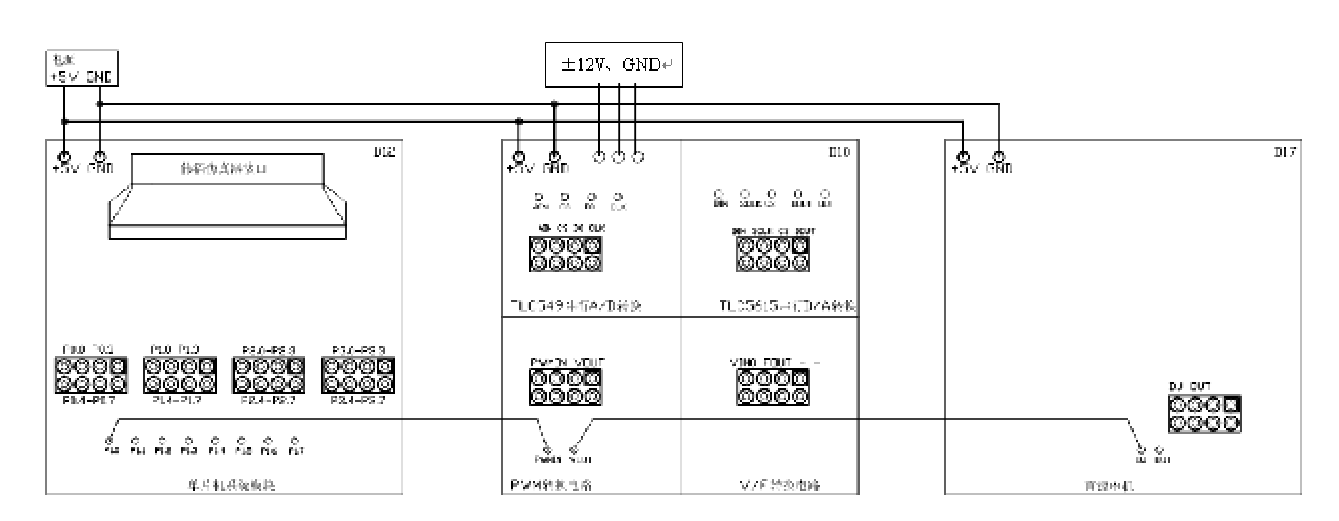
二、模块原理图：



三、实训内容

a.　实训模块：D06、、D10、D17。

b.　接线图：



c.　实训步骤：

1.　依次将实训模块置入实训箱内部；

2.　将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3. 接电源线： 将实训箱5V，±12V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND，±12V、GND分别接入每个实训模块；

4. 接信号线：P1.0（D12）接PWIN（D10）,VOUT接DJ；

5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器开关，运行程序，观察实训现象；

6. 实训现象：直流电机快慢变化；

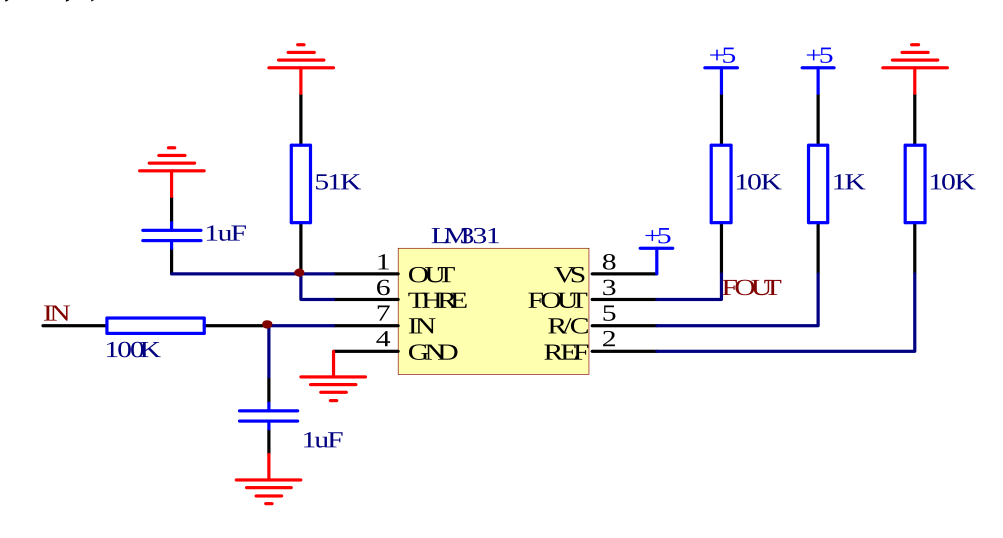
7. 程序名称：PWM。

实训十二　LM331电压/频率转换

一、模块实物图

参考实训九

二、模块原理图



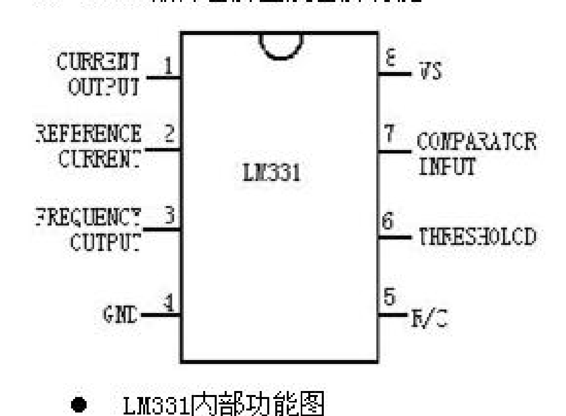
三、编程指南：

利用LM331器件实现V/F转换，将0~5V的模拟电压，转换成与模拟量电压变化成线性关系的频率值，设计一个频率计程序，并把所测频率通过数码管显示出来。

- LM311器件概述

LM331是美国NS公司生产的性能价格比较高的集成芯片,可用作精密频率电压转换器、A/ D转换器、线性频率调制解调、长时间积分器及其他相关器件。LM331采用了新的温度补偿能隙基准电路，在整个工作温度范围内和低到4.0V电源电压下都有极高的精度。LM331的动态范围宽，可达100dB；线性度好，最大非线性失真小于0.01% ,工作频率低到0.1Hz时尚有较好的线性;变换精度高,数字分辨率可达12位；外接电路简单,只需接入几个外部元件就可方便构成V/F或F/V等变换电路,并且容易保证转换精度。

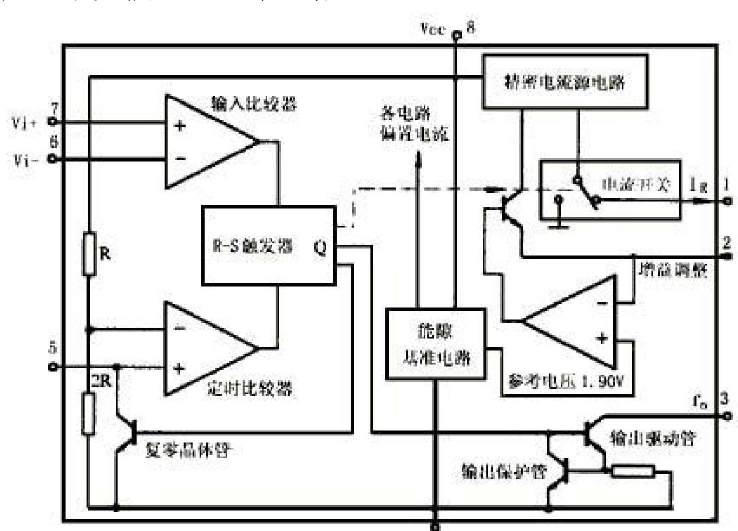
（2）LM331器件管脚图及管脚功能



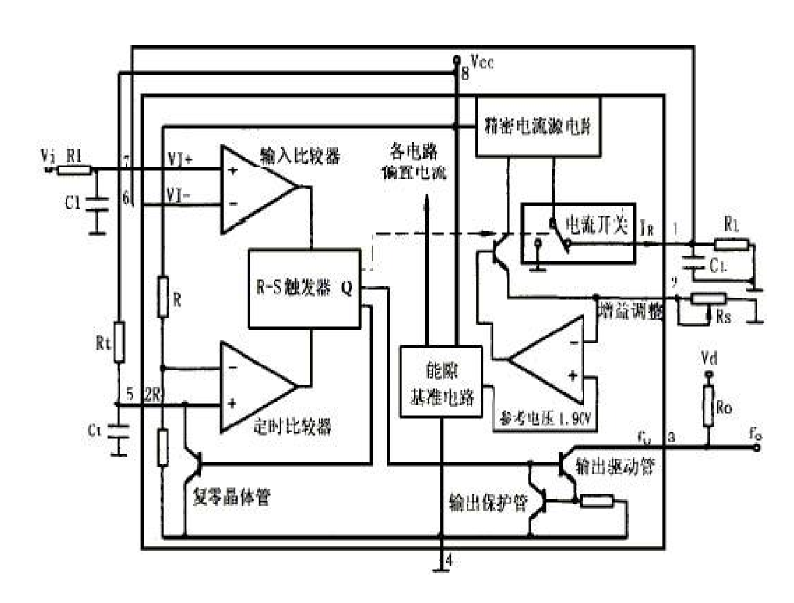
引脚号	引脚名	功能
1	Current Output	电流输出
2	Ref Current	基准电流
3	Frequency Output	频率输出
4	GND	接地
5	R/C	接RC定时电路
6	Thresholod	阈值
7	Comparator Input	比较输入
8	VS	电源

- LM331内部功能图

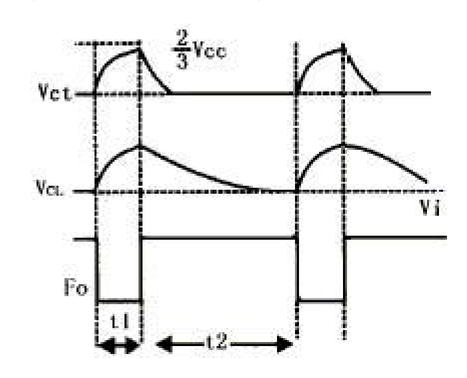
LM331的内部电路组成如右图所示由输入比较器、定时比较器、R-S触发器、输出驱动管、复零晶体管、能隙基准电路、精密电流源电路、电流开关、输出保护管等部分组成。输出驱动管采用集电极开路形式,因而可以通过选择逻辑电流和外接电阻,灵活改变输出脉冲的逻辑电平,以适配TTL、DTL和CMOS等不同的逻辑电路。LM331可采用双电源或单电源供电,可工作在4.0～40V之间,输出可高达40V,而且可以防止Vcc短路。



- 电压-频率变换器工作原理



上图是由LM331组成的电压—频率变换电路。外接电阻Rt 、Ct和定时比较器、复零晶体管、R-S触发器等构成单稳定时电路。当输入端Vi+输入一正电压时,输入比较器输出高电平,使R-S触发器置位,Q输出高电平,输出驱动管导通,输出端fo为逻辑低电平,同时,电流开关打向右边,电流源IR对电容CL充电。此时由于复零晶体管截止,电源Vcc也通过电阻Rt对电容Ct充电。当电容Ct两端充电电压大于Vcc的2/3时,定时比较器输出一高电平, 使R-S触发器复位,Q输出低电平,输出驱动管截止,输出端fo为逻辑高电平,同时,复零晶体管导通,电容Ct通过复零晶体管迅速放电;电流开关打向左边,电容CL对电阻RL放电。当电容CL放电电压等于输入电压Vi时,输入比较器再次输出高电平,使R-S触发器置位,如此反复循环,构成自激振荡。右图画出了电容Ct、CL充放电和输出脉冲f0的波形。设电容CL的充电时间为t1,放电时间为t2,则根据电容CL上电荷平衡的原理,我们有：



$$(IR-VL/RL)t1=t2VL/RL$$

右图为电容充放电输出波形图：

从上式可得：

$$f0=1/(t1+t2)=VL/(RLIRt1)$$

实际上,该电路的VL在很少的范围内(大约10mV)波动,因此，可认为VL=Vi,故上式可以表示为：

$$f0==Vi/(RLIRt1)$$

可见,输出脉冲频率f0与输入电压Vi成正比,从而实现了电压-频率变换。式中IR

由内部基准电压源供给的1.90V 参考电压和外接电阻Rs决定,IR=1.90/Rs,改变Rs的值,可调节电路的转换增益,t1 由定时元件Rt和Ct决定,其关系是：t1=1.1RtCt,典型值Rt=6.8kΩ,Ct=0.01μF,t1 =7.5μs。由f0=Vi/(RLIRt)可知,电阻Rs、RL、Rt 和电容Ct直接影响转换结果f0,因此对元件的精度要有一定的要求,可根据转换精度适当选择。电容CL对转换结果虽然没有直接的影响。但应选择漏电流小的电容器。电阻R1 和电容C1 组成低通滤波器, 可减少输入电压中的干扰脉冲, 有利于提高转换精度。

四、实训内容：

a. 实训模块：D06、D10。

b. 实训步骤：

1. 依次将实训模块置入实训箱内部；

2. 接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V,GND分别接入每个实训模块；

3. 接信号线：VOUT(电位器)接IN；

4. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，调节电位器，用示波器观察FOUT输出波形。观察实训现象；

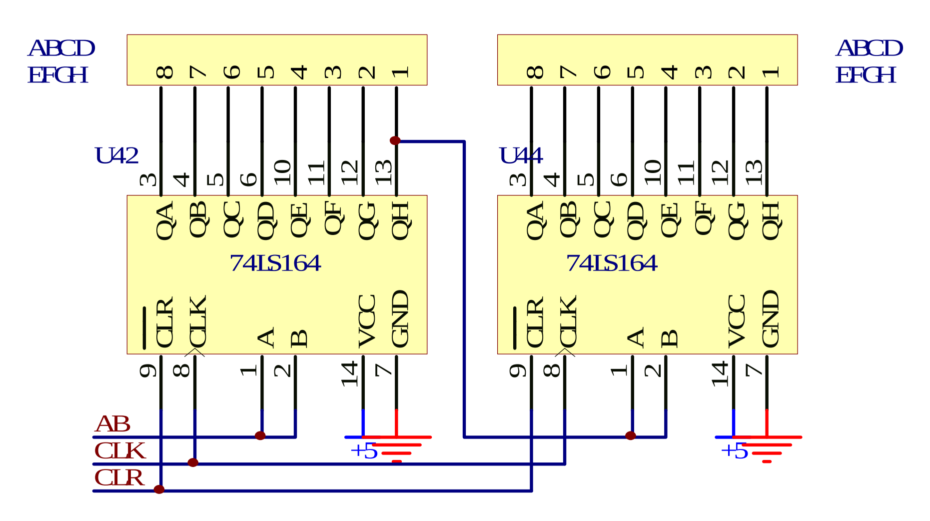
5. 实训现象：方波。

实训十三　164串并转换

一、模块实物图



二、模块原理图：



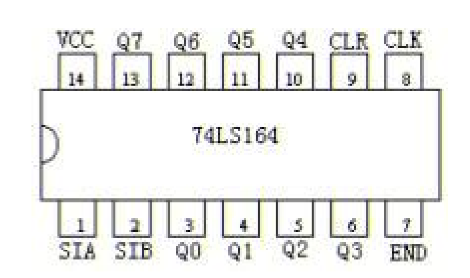
三、编程指南：

a.　主要组成：2片74LS164组成。

b.　用于：串口输入信号转成并口输出信号。

c.　知识点：

- 管脚说明：



SIA、SIB --- Serial inputs

Q0 through Q7 ---- Data outputs

CLK ---- CLOCK

CLR ---- Clear input

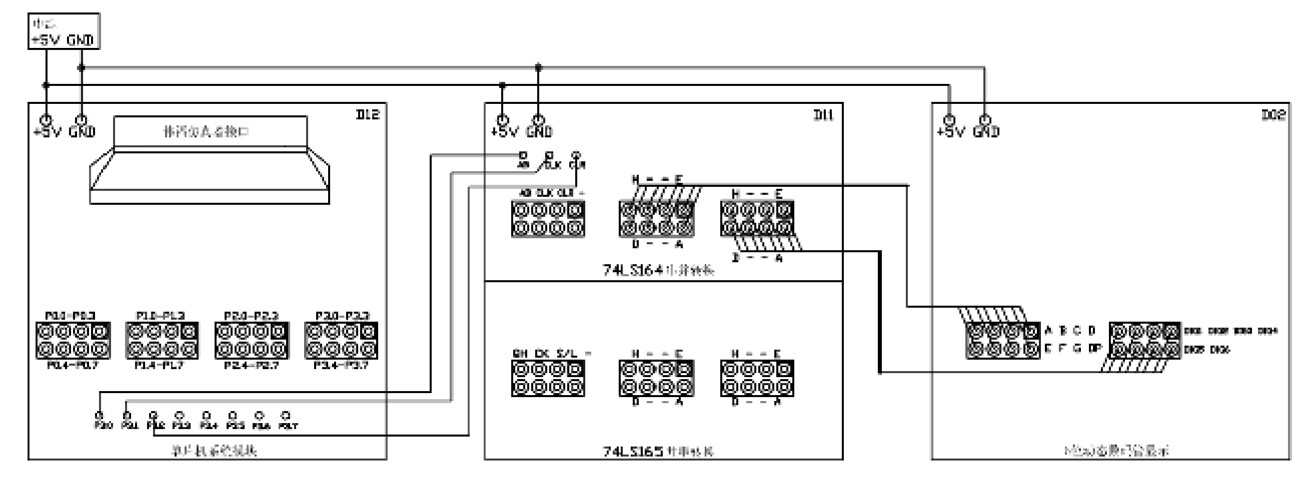
- 功能表：

CLR	SIA	SIB	CLK	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
0	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	↑	1	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
1	0	X	↑	0	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
1	X	0	↑	0	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6

四、实训内容

a. 实训模块：D02、D11、D12。

b. 接线图：



c. 实训步骤：

1. 依次将实训模块置入实训箱内部；

2. 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3. 接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V,GND分别接入每个实训模块；

4. 接信号线：第一位164输出口接数码管段口，第二位164输出口接数码管位口，P3.0接AB, P3.1接CLK, P3.2接CLR；

5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器开关，运行程序，观察实训现象；

6. 实训现象：数码管循环显示000000--999999；

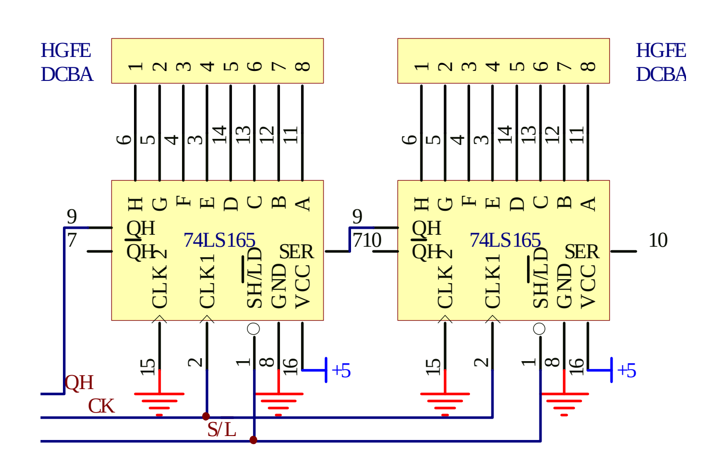
7. 程序名称：74LS164。

实训十四　165并串转换

一、模块实物图：

参考实训十三

二、模块原理图：



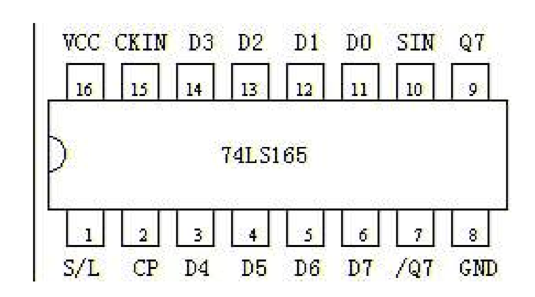
三、编程指南

a. 主要组成：2片74LS165组成。

b. 用于：并口输入信号转换成串口输出信号。

c. 知识点：

- 74LS165芯片引脚图



管脚说明：

D0 through D7 --Parallel inputs

SI -- Serial input

Q7，/Q7 -- Data outputs

CLK -- Clock

CKIN -- Clock inhibit

S/L -- （高有效）Shift/Parallel-load control（低有效）。

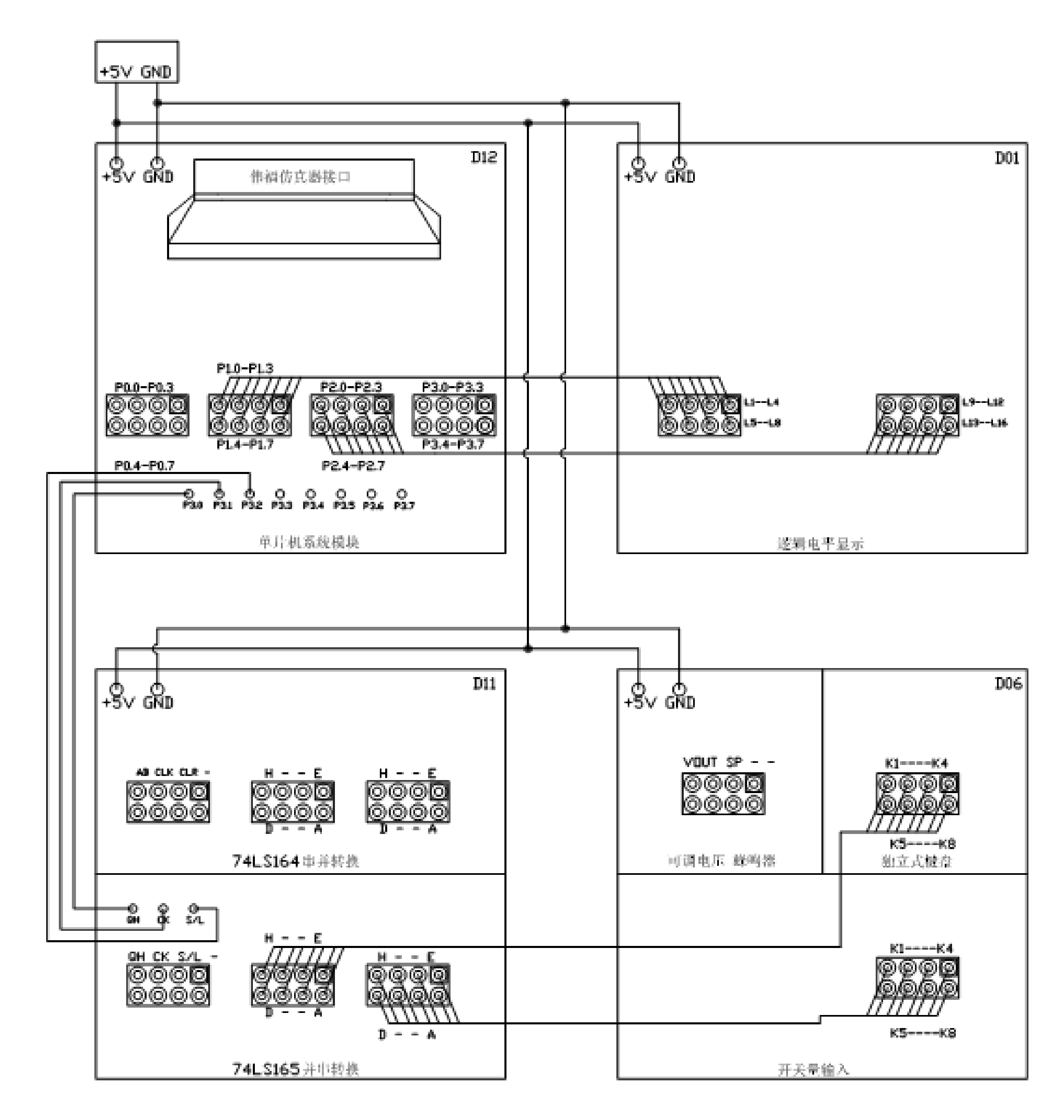
- 编程说明

74LS165是8位并行置入移位寄存器。当移位/置入端（S/L）由高到低跳变时，并行输入端的数据被置入寄存器；当S/L=1，且时钟禁止端（第15脚）为低电平时，允许时钟输入，这时在时钟脉冲的作用下，数据由D0到D7方向移位。

四、实训内容

a. 实训模块：D01、D06、D11、D12。

b. 接线图：



c.　实训步骤：

1． 依次将实训模块置入实训箱内部；

2． 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

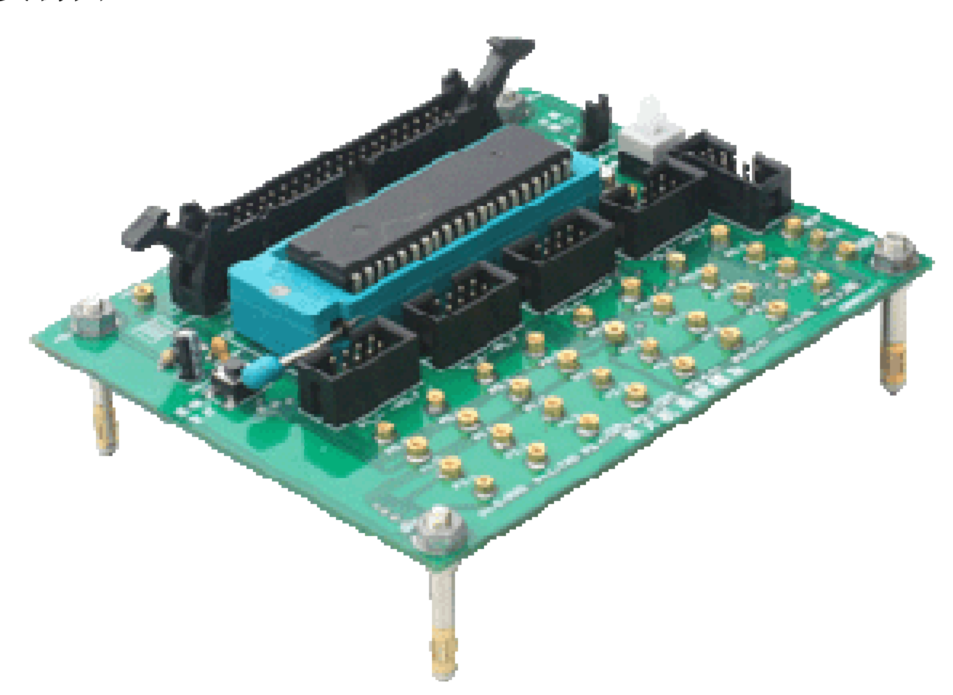
3． 接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V,GND分别接入每个实训模块；

4． 接信号线：P1、P2接LED，P3.0接QH，P3.1接CK，P3.2接SL，165-1接轻触开关，165-2接拨动开关；

5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器开关，运行程序，观察实训现象；
6. 实训现象：按下开关，对应LED灯点亮；
7. 程序名称：74LS165。

实训十五　单片机系统模块

一、模块实物图：



二、模块原理图：

+5
C2 10uF
REST-C
R1 10K
一般　编程
REST-C　REST-ISP

U9
P10 1 P1.0　VCC 40 +5
P11 2 P1.1　P0.0 39 P00
P12 3 P1.2　P0.1 38 P01
P13 4 P1.3　P0.2 37 P02
P14 5 P1.4　P0.3 36 P03
P15 6 P1.5　P0.4 35 P04
P16 7 P1.6　P0.5 34 P05
P17 8 P1.7　P0.6 33 P06
9 RESET　P0.7 32 P07
P30 10 RXD/P3.0　EA/VP 31 EA
P31 11 TXD/P3.1　ALE/P 30 ALE
P32 12 INT0/P3.2　PSEN 29 PSEN
P33 13 INT1/P3.3　P2.7 28 P27
P34 14 T0/P3.4　P2.6 27 P26
P35 15 T1/P3.5　P2.5 26 P25
P36 16 WR/P3.6　P2.4 25 P24
P37 17 RD/P3.7　P2.3 24 P23
18 X2　P2.2 23 P22
19 X1　P2.1 22 P21
20 GND　P2.0 21 P20
89S52

C1 Y1 11.0592
0.01uF
C10
20PF

+5 10K
1
P00 2
P01 3
P02 4
P03 5
P04 6
P05 7
P06 8
P07 9

EA +5
3 2 1

P17/SCK　GND
P16/MISO　NC
REST-ISP　NC
NC　+5V
P15/MOSI　NC
ISP

1 2 .... 39 40
仿真口

REST-C ALE PSEN
1 2 3

P07 P06 P05 P04 P03 P02 P01 P00
8 7 6 5 4 3 2 1

P17 P16 P15 P14 P13 P12 P11 P10
8 7 6 5 4 3 2 1

P27 P26 P25 P24 P23 P22 P21 P20
8 7 6 5 4 3 2 1

P37 P36 P35 P34 P33 P32 P31 P30
8 7 6 5 4 3 2 1

三、使用指南

1. 系统开关设置：

a. 在线下载时将开关选择为“编程”模式，使用仿真器或单片机直接做实训时将此开关设为“一般”模式；

b. 短路冒设置：“EA”与“GND”连接表示选择外部程序存储器,“EA”与“+5V”连接表示访问内部程序存储器。通常将此开关设在“+5V”。

2. 使用注意事项：

a. 使用仿真器时，需将IC 89S52座锁紧开关松开或IC从IC座中取出，确保下载口没有连接下载线；

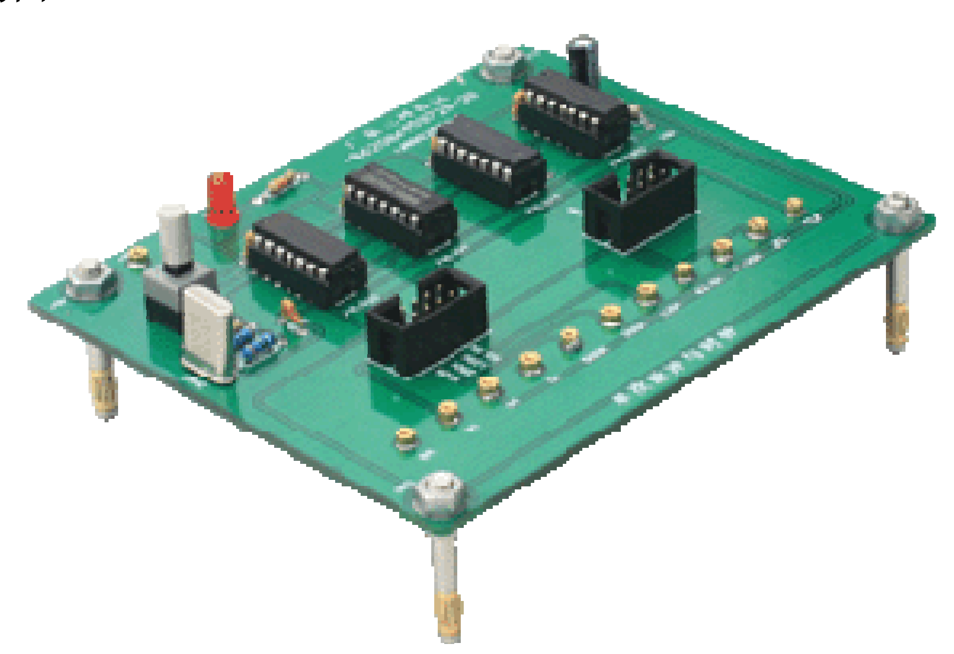
b. 使用下载线时，确保仿真口没有连接仿真器数据线，并且将P1口相连的外部电路断开。

3. 实训内容：

参考第一章系统安装与使用。

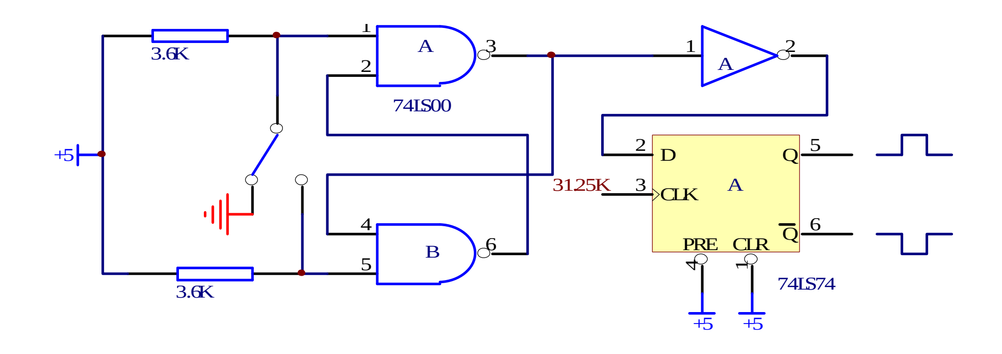
实训十六 单次脉冲与时钟

一、模块实物图：

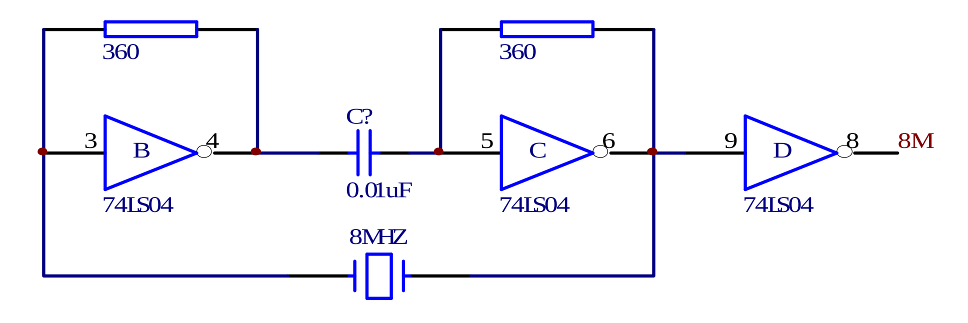


二、模块原理图：

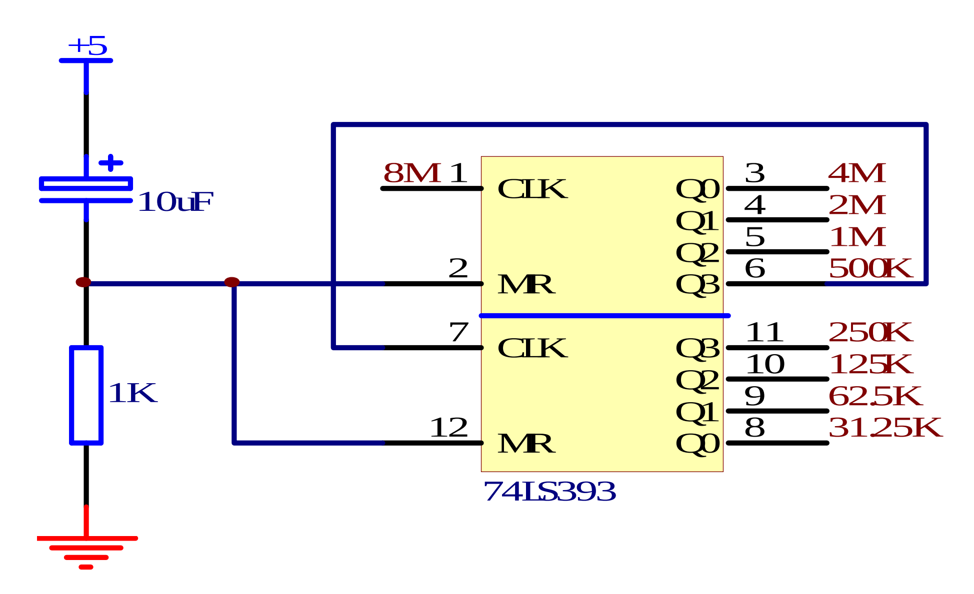
a. 单次脉冲原理图



b. 8M时钟原理图



c. 时钟原理图



三、模块概述

a.　主要组成：74LS04、74LS00、74LS393、74LS74组成。

b.　主要用于：为其它实训提供单次脉冲与时钟，点动输出单次脉冲，输出时钟：　8M、4M、2M、1M、500K、250K、125K、62.5K、31.25K。

四、实训内容

a.　实训模块：D01、D13。

b.　实训步骤：

1．　依次将实训模块置入实训箱内部；

2．　接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V,GND分别接入每个实训模块；

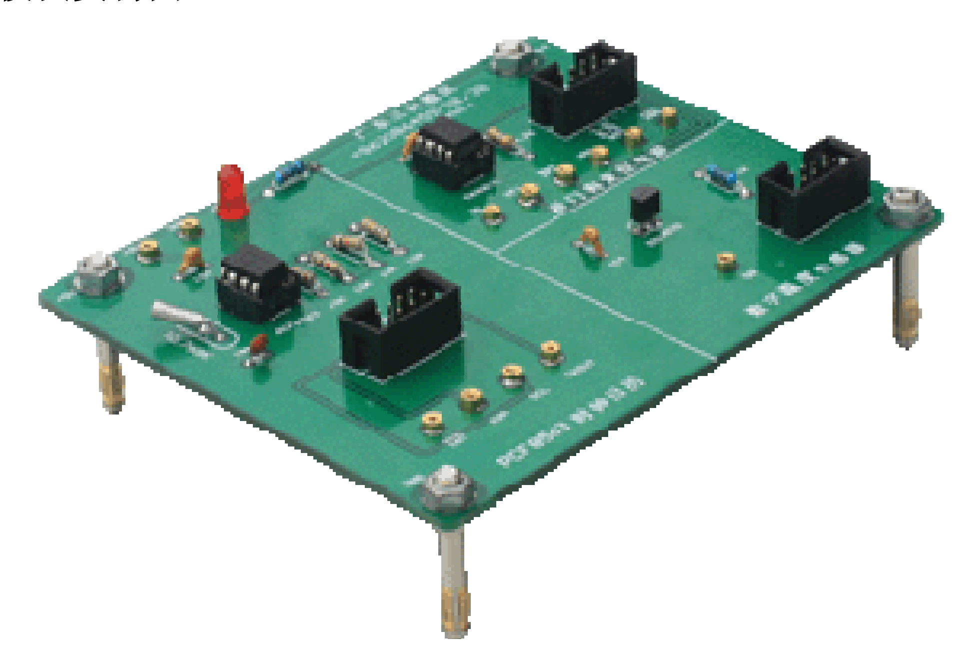
3．　接信号线：正脉冲接LED1，负脉冲接LED2；

4．　检查电源线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，用示波器观察对应端子输出信号波形；

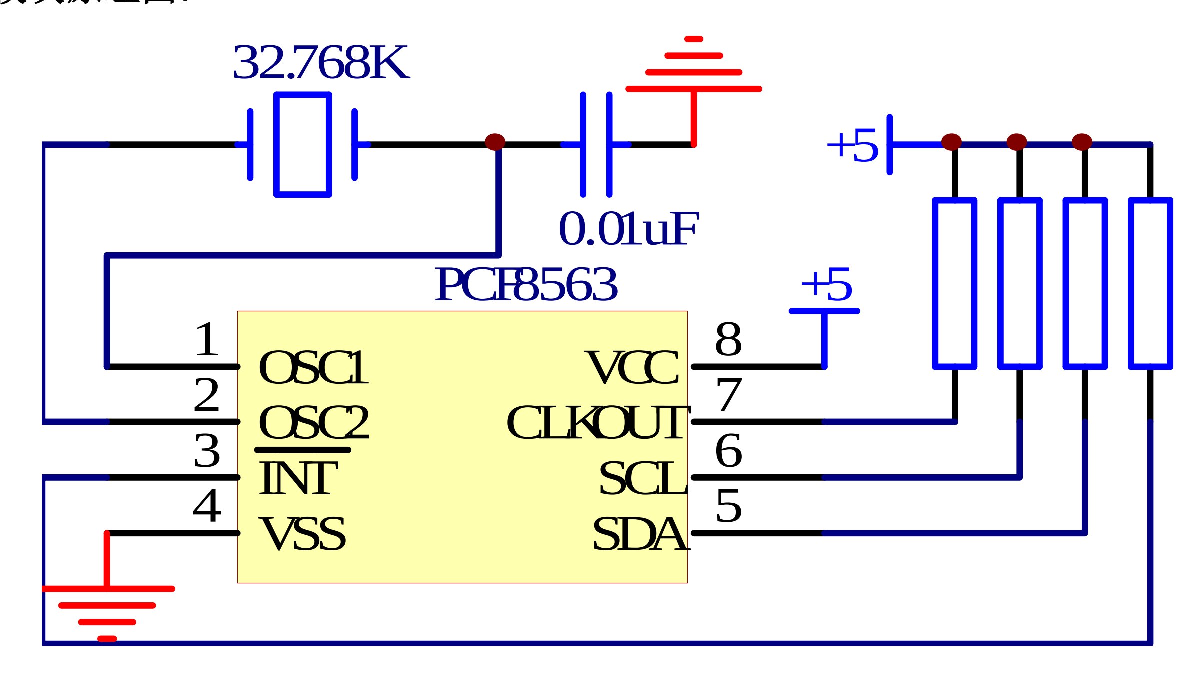
5．　按下开关，LED灯调转。

实训十七　PCF8563实时时钟/日历

一、模块实物图：



二、模块原理图：



三、编程指南：

a.　主要组成：PCF8563组成。

b.　用于：时钟/日历。

c.　知识点：

- **实时时钟PCF8563简介 ：**

PCF8563 是PHILIPS 公司推出的一款工业级内含I2C 总线接口功能的具有极低功耗的多功能时钟/日历芯片。PCF8563 的多种报警功能、定时器功能、时钟输出功能以及中断输出功能能完成各种复杂的定时服务，甚至可为单片机提供看门狗功能。内部时钟电路、内部振荡电路、内部低电压检测电路以及两线制I2C 总线通讯方式，不但使外围电路及其简洁，而且也增加了芯片的可靠性。同时每次读写数据后，内嵌的字地址寄存器会自动产生增量。当然作为时钟芯片PCF8563 亦解决了2000 年问题。因而，PCF8563 是一款性价比极高的时钟芯片，它已被广泛用于电表水表气表电话传真机便携式仪器以及电池供电的仪器仪表等产品领域。

- **其主要特性有：**

1、宽电压范围1.0~5.5V，　复位电压标准值Vlow=0.9V。

2、超低功耗：典型值为0.25uA(VDD=3.0V,Tamb=25℃)。

3、可编程时钟输出频率为：32.768KHz 、1024Hz 、32Hz 、1Hz。

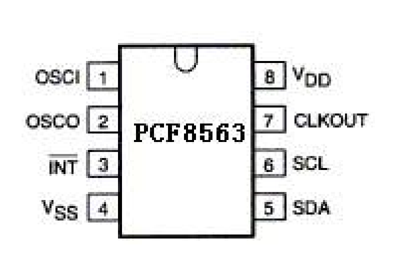
4、四种报警功能和定时器功能。

5、内含复位电路、振荡器电容和掉电检测电路。

6、开漏中断输出。

7、400kHz I2C 总线(VDD=1.8~5.5V)，其从地址读0A3H;写0A2H。

- PCF8563管脚图及描述：



PCF8563基本工作原理

符号	管脚号	描　　述
OSCI	1	振荡器输入
OSCO	2	振荡器输出
/INT	3	中断输出（开漏：低电平有效）
V˜S˜S	4	地
SDA	5	串行数据I/O
SCL	6	串行时钟输入
CLKOUT	7	时钟输出（开漏）
V˜D˜D	8	正电源

PCF8563有16个位寄存器：一个可自动增量的地址寄存器，一个内置32.768KHz的振荡器（带有一个内部集成的电容）一个分频器（用于给实时时钟RTC 提供源时钟）一个可编程时钟输出，一个定时器，一个报警器，一个掉电检测器和一个400KHz I^2C总线接口。

所有16个寄存器设计成可寻址的8位并行寄存器，但不是所有位都有用。前两个寄存器（内存地址00H，01H）用于控制寄存器和状态寄存器，内存地址02H~08H用于时钟计数器（秒~年计数器），地址09H~0CH用于报警寄存器（定义报警条件），地址0DH 控制CLKOUT管脚的输出频率，地址0EH和0FH分别用于定时器控制寄存器和定时器寄存器。秒、分钟、小时、日、月、年、分钟报警、小时报警、日报警寄存器，编码格式为BCD，星期和星期报警寄存器不以BCD格式编码。当一个RTC寄存器被读时，所有计数器的内容被锁存，因此，在传送条件下，可以禁止对时钟日历芯片的错读。

- 报警功能模式

一个或多个报警寄存器MSB（AE=Alarm Enable 报警使能位）清0时，相应的报警条件有效，这样，一个报警将在每分钟至每星期范围内产生一次。设置报警标志位AF（控制/状态寄存器的2的位3）用于产生中断，AF只可以用软件清除。

- 定时器

8位的倒计数器（地址0FH） 由定时器控制寄存器（地址0EH）控制，定时器控制寄存器用于设定定时器的频率（4096，64，1 或1/60Hz）， 以及设定定时器有效或无效。

定时器从软件设置的8 位二进制数倒计数，每次倒计数结束，定时器设置标志位TF，定时器标志位TF 只可以用软件清除，TF 用于产生一个中断（/INT），

每个倒计数周期产生一个脉冲作为中断信号。TI/TP控制中断产生的条件。当读定时器时，返回当前倒计数的数值。

u　CLKOUT输出

管脚CLKOUT可以输出可编程的方波。CLKOUT频率寄存器（地址0DH）决定方波的频率，CLKOUT可以输出32.768KHz（缺省值）、1024、32、1Hz的方波。CLKOUT为开漏输出管脚，上电时输出有效，无效时输出为高阻抗。

u　复位

PCF8563包含一个片内复位电路，当振荡器停止工作时，复位电路开始工作。在复位状态下，I^2C总线初始化，寄存器TF、VL、TD1、TD0、TESTC、AE被置逻辑1，其它的寄存器和地址指针被清0。

u　掉电检测器和时钟监控

PCF8563内嵌掉电检测器，当 V_{DD} 低于 V_{low} 时,位 VL（Voltage Low,秒寄存器的位7）被置1，用于指明可能产生不准确的时钟/日历信息，VL 标志位只可以用软件清除。当V_{DD} 慢速降低（例如以电池供电）达到V_{low} 时，标志位VL被设置,这时可能会产生中断。

u　PCF8563内部寄存器

表F.1　寄存器结构

地址	寄存器名称	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
00H	控制/状态寄存器1	TEST	0	STOP	0	TTESTC	0	0	0
01H	控制/状态寄存器2	0	0	0	TI/TP	AF	TF	AIE	TIE
02H	秒寄存器	VL	00~59　BCD码格式数						
03H	分寄存器	--	00~59　BCD码格式数						
04H	时寄存器	--	00~23　BCD码格式数						
05H	日寄存器	--	00~31　BCD码格式数						
06H	星期寄存器	--	00~06　BCD码格式数						
07H	月/世纪寄存器	C	01~12　BCD码格式数						
08H	年寄存器	00~99　BCD码格式数							
09H	分钟报警寄存器	AE	00~59　BCD码格式数						
0AH	时钟报警寄存器	AE	00~23　BCD码格式数						
0BH	日报警寄存器	AE	00~31　BCD码格式数						

0CH	星期报警寄存器	AE	00~06　BCD码格式数						
0DH	CLKOUT频率寄存器	FE		--	--	--	--	Fd1	Fd0
0EH	定时控制寄存器	TE		--	--	--	--	Td1	Td0
0FH	定时器倒计时数值寄存器	定时器倒计时数值寄存器							

表F.2　控制/状态寄存器1位描述（地址00H）

Bit	符号	描　　述
7	TEST1	TEST1=0，普通模式；TEST1=1，EXT_CLK 测试模式
5	STOP	STOP=0，芯片时钟运行；STOP=1，所有芯片分频器异步置逻辑 0。芯片时钟停止运行（CLKOUT 在 32.768kHz 时可用）
3	TESTC	TESTC=0，电源复位功能失效（普通模式时置逻辑 0） TESTC=1，电源复位功能有效
6,4,2,1,0	0	缺省值置逻辑 0

表F.3　控制/状态寄存器2位描述（地址01H）

Bit	符号	描述
7,6,5	0	缺省值置逻辑 0
4	TI/TP	TI/TP=0:当 TF 有效时 INT 有效（取决于 TIE 的状态）TI/TP=1:INT 脉冲有效,参见表 6（取决于 TIE 的状态）。注意：若 AF 和 AIE 都有效时，则 INT 一直有效
3	AF	当报警发生时，AF 被置逻辑 1；在定时器倒计数结束时，TF 被置逻辑 1，它们在被软件重写前一直保持原有值，若定时器和报警中断都请求时，中断源由 AF 和 TF 决定，若要使清除一个标志位而防止另一标志位被重写，应运用逻辑指令 AND，标志位 AF 和 TF 值描述参见表 7
2	TF	
1	AIE	标志位 AIE 和 TIE 决定一个中断的请求有效或无效，当 AF 或 TF 中一个为“1”时中断是 AIE 和 TIE 都置“1”时的逻辑或。 AIE=0，报警中断无效；AIE=1，报警中断有效 TIE=0，定时器中断无效；TIE=1，定时器中断有效
0	TIE	

表F.4 /INT操作（TI/TP=1)　　　表F.5　AF和TF值描述

源时钟 (Hz)	/INT 周期	
	n=1	n>1
4096	1/8192	1/4096
64	1/128	1/64
1	1/64	1/64
1/60	1/64	1/64

R/W	Bit：AF		Bit：TF	
	值	描述	值	描述
Read 读	0	报警标志无效	0	定时器标志无效
	1	报警标志有效	1	定时器标志有效
Write 写	0	报警标志被清除	0	定时器标志被清除
	1	报警标志保持不变	1	定时器标志保持不变

表F.6　秒寄存器位描述（地址02H）

Bit	符号	描　　述
7	VL	VL=0：保证准确的时钟/日历数据 VL=1：不保证准确的时钟/日历数据
6~0	<秒>	代表 BCD 格式的当前秒数值，值为 00~99 例如：<秒>=1011001，代表 59 秒

表F.7　分钟寄存位描述（地址03H）

Bit	符号	描　述
7	—	无效
6~0	<分钟>	代表 BCD 格式的当前分钟数值，值为 00~59

表F.8　小时寄存器位描述（地址04H）

Bit	符 号	描　述
7~6	—	无效
5~0	<小时>	代表 BCD 格式的当前小时数值，值为 00~23

表F.9　日寄存器位描述（地址05H）

Bit	符号	描　述
7~6	—	无效
5~0	<日>	代表 BCD 格式的当前日数值，值为 01~31。当年计数器的值是闰年时，PCF8563 自动给二月增加一个值，使其成为 29 天

表F.10　星期寄存器位描述（地址06H）

Bit	符号	描　述
7~3	—	无效
2~0	<星期>	代表当前星期数值 0~6，参见表 13，这些位也可由用户重新分配

表F.11　星期分配表

日（Day)	Bit2	Bit1	Bit0	日 (Day)	Bit2	Bit1	Bit0
星期日	0	0	0	星期四	1	0	0
星期一	0	0	1	星期五	1	0	1
星期二	0	1	0	星期六	1	1	0
星期三	0	1	1	星期日	0	0	0

表F.12　月/世纪寄存器位描述（地址07H）

Bit	符号	描　述
7	C	世纪位；C=0 指定世纪数为 20××，C=1 指定世纪数为 19××，“××”为年寄存器中的值，参见表 16。当年寄存器中的值由 99 变为 00 时，世纪位会改变
6~5	—	无用
4~0	<月>	代表 BCD 格式的当前月份，值为 01~12；参见表 15

表F.13　月分配表

月份	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	月份	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
一月	0	0	0	0	1	七月	0	0	1	1	1
二月	0	0	0	1	0	八月	0	1	0	0	0
三月	0	0	0	1	1	九月	0	1	0	0	1
四月	0	0	1	0	0	十月	1	0	0	0	0
五月	0	0	1	0	1	十一月	1	0	0	0	1
六月	0	0	1	1	0	十二月	1	0	0	1	0

表F.14　年寄存器位描述（地址08H）

Bit	符号	描　述
7~0	< 年 >	代表 BCD 格式的当前数值，值为 00~99

表F.15　分钟报警寄存器位描述（地址09H）

Bit	符号	描　述
7	AE	AE=0，分钟报警有效；AE=1，分钟报警无效
6~0	< 分钟报警 >	代表 BCD 格式的分钟报警数值，值为 00~59

表F.16　小时报警寄存器位描述（地址0AH）

Bit	符号	描　述
7	AE	AE=0，小时报警有效；AE=1，小时报警无效
6~0	< 小时报警 >	代表 BCD 格式的小时报警数值，值为 00~23

表F.17　日报警寄存器位描述（地址0BH）

Bit	符号	描　述
7	AE	AE=0，日报警有效；AE=1，日报警无效
6~0	< 日报警 >	代表 BCD 格式的日报警数值，值为 00~31

表F.18　星期报警寄存器位描述（地址0CH）

Bit	符号	描　述
7	AE	AE=0，星期报警有效；AE=1，星期报警无效
6~0	< 分钟报警 >	代表 BCD 格式的星期报警数值，值为 0~6

表F.19　CLKOUT频率寄存器位描述（0DH）

Bit	符号	描　述
7	FE	FE=0，CLKOUT 输出被禁止并设成高阻抗 FE=1，CLKOUT 输出有效
6~2	--	无效
1 0	FD1 FD0	用于控制 CLKOUT 的频率输出管脚 f_{CLKOUT} 参见表 F.20

表F.20 CLKOUT频率选择表

FD1	FD2	f_{CLKOUT}
0	0	32.768KHz
0	1	1024Hz
1	0	32Hz
1	1	1Hz

表F.21　定时器控制器寄存器位描述（地址0EH)

表F.22　定时器时钟频率选择

Bit	符号	描　述
7	TE	TE=0, 定时器无效；TE=1，定时器有效
6~2	--	无用
1	TD1	定时器时钟频率选择位，决定倒计数定时器的时钟频率，不用 TD1 和 TD0 应设为“11”（1/60Hz），以降低电源损耗。
0	TD0	

FD1	FD2	时钟频率（Hz）
0	0	4096
0	1	64
1	0	1
1	1	1/50

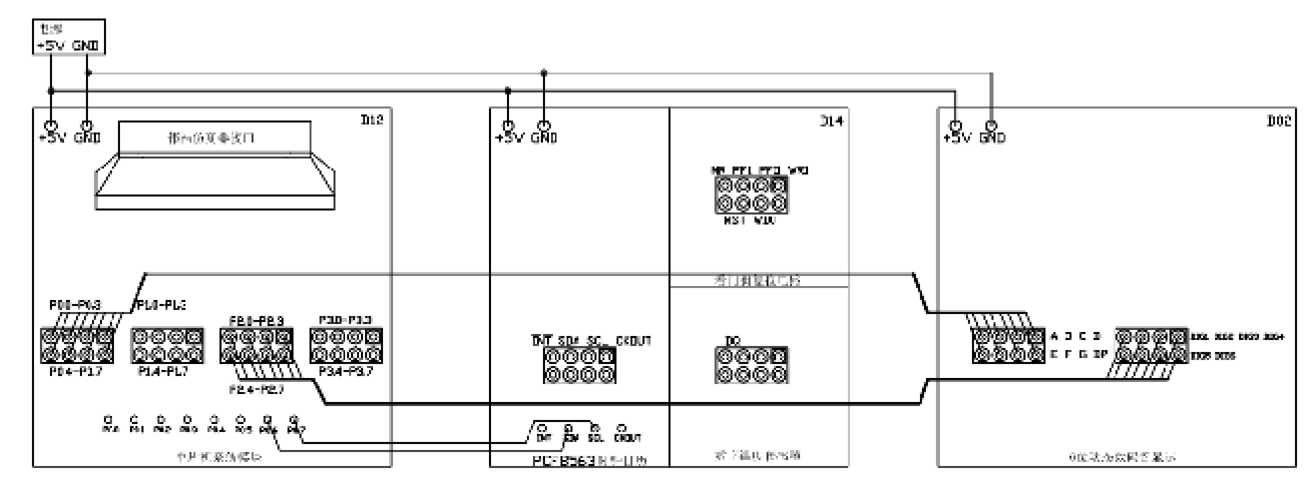
表F.23 定时器倒计数数值寄存器位描述（地址OFH）

Bit	符号	描　述
7~0	< 定时器倒计数数值 >	倒计数数值“n”， 倒计数周期＝ n/ 时钟频率

四、实训内容

a. 实训模块： D02、D12、D14。

b. 接线图：



c. 实训步骤：

1．依次将实训模块置入实训箱内部；

2．将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3．接电源线： 将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；

4．接信号线：P0、P2（D12）分别接数码管段、位（D02），P0.1、P0.0（D12）分别接CLK、SDA(D14) ；

5．检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器开关，运行程序，观察实训现象；

6． 实训现象：显示时间；

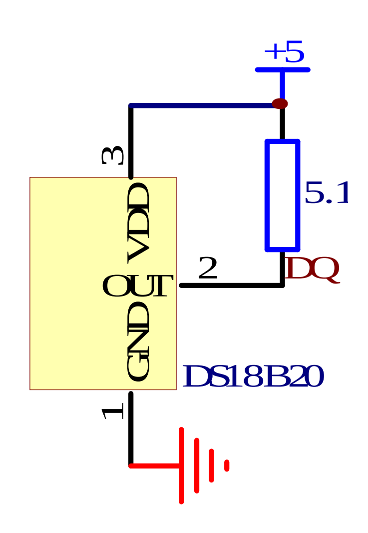
7． 程序名称：PCF8563。

实训十八 DS18B20温度传感器

一、模块实物图：

参考实训十七

二、模块原理图：



a. 主要组成：DS18B20组成。

b. 用于：温度测量。

c. 知识点：

- **DS18B20的性能特点**

1、采用单总线专用技术，既可通过串行口线，也可通过其它I/O口线与微机接口，无须经过其它变换电路，直接输出被测温度值（9位二进制数，含符号位）。

2、测温范围为-55℃-+125℃，测量分辨率为0.0625℃。

3、内含64位经过激光修正的只读存储器ROM。

4、用户可分别设定各路温度的上、下限。

5、内含寄生电源。

- **DS18B20的内部结构**：

DS18B20内部结构主要由四部分组成：64位光刻ROM；温度传感器；非挥发的温度报警触发器TH和TL；高速暂存器。

u　**64位光刻ROM**

光刻ROM中的64位序列号是出厂前被光刻好的，它可以看作是该DS18B20的地址序列码。64位光刻ROM的排列是：开始8位（28H）是产品类型标号，接着的48位是该DS18B20自身的序列号，最后8位是前面56位的循环冗余校验码（CRC=X8+X5+X4+1）。光刻ROM的作用是使每一个DS18B20都各不相同,这样就可以实现一根总线上挂接多个DS18B20的目的。

u　高速暂存器

序号	寄存器名称	作用	序号	寄存器名称	作用
0	温度低字节	以16位补码形式存放	4、5	4为配置寄存器	5保留
1	温度高字节		6	计数器余值	
2	TH/用户字节1	存放温度上限	7	计数器/℃	
3	HL/用户字节2	存放温度下限	8	CRC冗余检验	保证通信正确

u　以12位转化为例说明温度高低字节存放形式及计算

12位转化后得到的12位数据，存储在18B20的两个高低两个8位的RAM中，二进制中的前面5位S是符号位。如果测得的温度大于0，这5位为0，只要将测到的数值乘于0.0625即可得到实际温度；如果温度小于0，这5位为1，测到的数值需要取反加1再乘于0.0625才能得到实际温度。

低八位	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
高八位	S	S	S	S	S	2^6	2^5	2^4

u　**配置寄存器**

TM	R0	R1	1	1	1	1	1

R0	R1	分辨率	温度最大转换时间	R0	R1	分辨率	温度最大转换时间
0	0	9位	93.75ms	1	0	11位	375ms
0	1	10位	187.5ms	1	1	12位	750ms

u　**DS18B20控制方法**

根据DS18B20的通讯协议，主机控制DS18B20完成温度转换必须经过三

个步骤：每一次读写之前都要对DS18B20进行复位，复位成功后发送一条ROM指令，最后发送RAM指令，这样才能对DS18B20进行预定的操作。复位要求主CPU将数据线下拉500微秒，然后释放，DS18B20收到信号后等待16～60微秒左右，后发出60～240微秒的存在低脉冲，主CPU收到此信号表示复位成功。

在硬件上，DS18B20与单片机的连接有两种方法，一种是Vcc接外部电源，GND接地，I/O与单片机的I/O线相连；另一种是用寄生电源供电，此时UDD、GND接地，I/O接单片机I/O。无论是内部寄生电源还是外部供电，I/O口线要接5KΩ左右的上拉电阻。

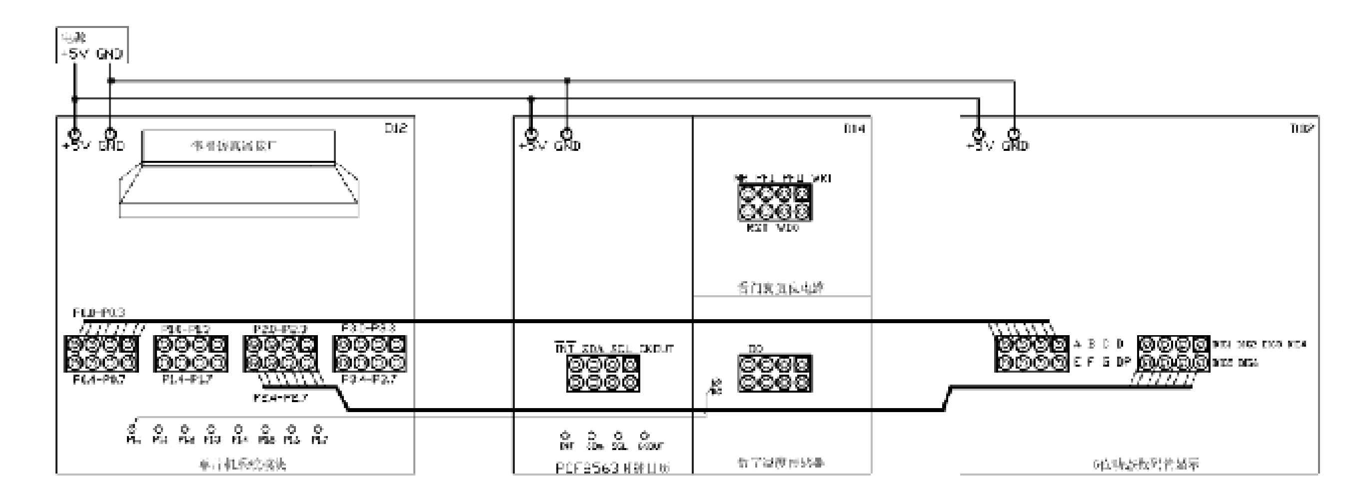
DS18B20有多条控制命令，如表所示：

指令	约定代码	功能
读ROM	33H	读DS18B20中的编码（即64位地址）
符合ROM	55H	发出此命令后，发出64位编码地址，找出地址相对应的DS18B20器件，为下一步对该DS18B20的读写作准备
搜索ROM	0F0H	用于确定挂接在同一总线上的DS18B20的个数和64位ROM地址
跳过ROM	0CCH	忽略64位ROM地址，直接向DS18B20发温度转换命令，适用于单片工作
告警搜索命令	0ECH	执行后，只有温度值超过设定值上限或下限的片子才会做出反应
温度变换	44H	启动DS18B20开始进行温度转换，结果存入内部RAM中
读暂存器	0BEH	读暂存器RAM中的温度值
写暂存器	4EH	向内容RAM中的第3、4字节写入上、下限温度命令，紧跟命令之后，传送的是两字节的数据
复制暂存器	48H	将RAM中的第3、4字节内容复制到E~2PROM中
重调E~2PROM	0B8H	将E~2PROM中内容恢复到RAM中的第3、4字节
读供电方式	0B4H	读DS18B20的供电模式，寄后供电是发送0，外接电源供电发送1

三、实训内容

a. 实训模块： D02、D12、D14。

b. 接线图：



c. 实训步骤：

1．　依次将实训模块置入实训箱内部；

2．　将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3．　接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；

4．　接信号线：P0、P2(D12)分别接数码管段与位（D02），P1.0(D12)接DQ (D14)

5．　检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器开关，运行程序，观察实训现象；

6．　实训现象：用手感应传感器，数码管显示温度；

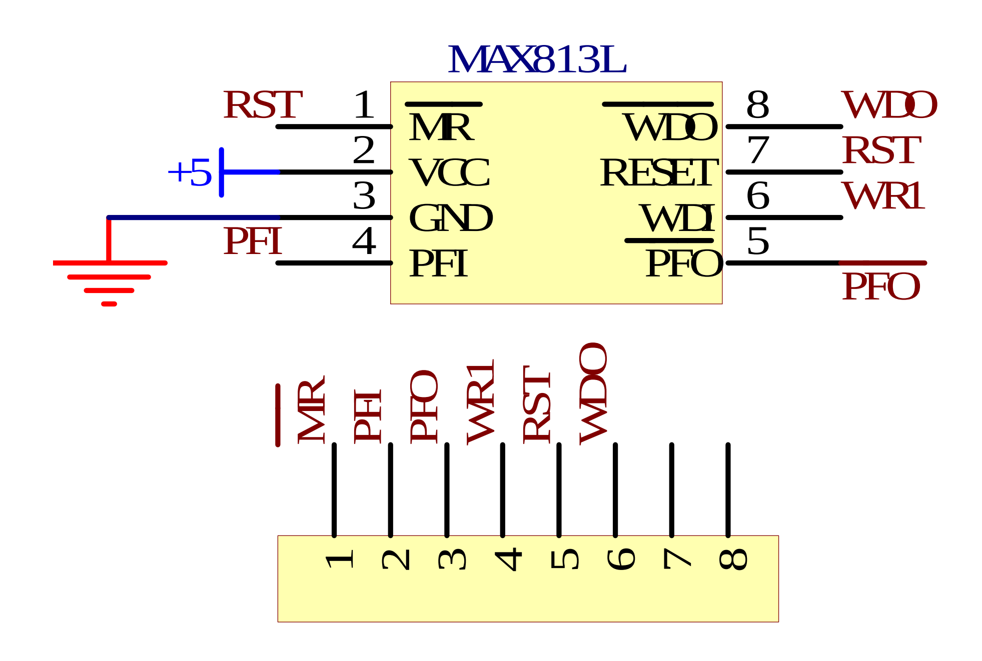
7．　程序名称：DS18B20。

实训十九　MAX813L看门狗复位电路

一、模块实物图：

参考实训十七

二、模块原理图：



三、实训指南：

（**1**）**MAX813L**功能介绍

MAX813L监控电路可用于计算机、控制器、自动化设备、智能设备及微处理器监控中。它们有以下四方面的功能：

（1）　上电、掉电状态下的复位功能；

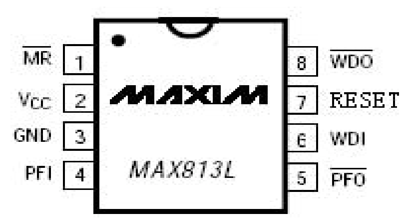
（2）　MAX813 L还有WATCHDOG输出功能；

（3）　内有一个1.25V掉电告警门限检测器；

（4）　手动复位输入。

MAX813L当供电电压降至4.65V以下将会产生一个复位脉冲，它有DIP、SO封装。

（**2**）**MAX813L**管脚图及管脚功能



（1）脚1（/MR）：当电压降至0.8V以下时，手动复位触发一个复位脉冲。这个低电平为有效输入提供一个内部250uA的上拉电流。它能被TTL或CMOS逻辑电路来驱动。

（2）脚2（VCC）：+5V电源输入端。
（3）脚3（GND）：对所有信号0V参考地。
（4）脚4（PFI）：电源失效监督输入端。当PFI低于1.25V，/PFO为低电平。若PFI不用，可将其与GND或VCC相连。
（5）脚5（/PFO）：当PFI低于1.25V时，电源失效输出为低电平，且吸收电流。
（6）脚6（WDI）：看门狗输入端。当WDI维持高电平或低电平达1.6S时，其内部WATCHDOG定时器完成计数，且WDO为低电平。WDI悬空或将WDI接到一个三态高阻缓冲器可使WACHTDOG失去作用。一旦证实复位发生，WDI处于三态状态，或在WDI端检测到一个上升沿或下降沿，内部WATCHDOG定时器则被清零。
（7）脚7（RESET）：高电平有效输出端。
（8）脚8（/WDO）：看门狗输出端。当内部看门狗定时器完成1.6S计数后，/WDO为低电平，且直到WATCHDOG被清零，/WDO不变为高电平。/WDO在低压条件下为低电平。当VCC低于复位门限时，/WDO维持在低电平。然而与RESET不同，/WD0并没有其最少脉宽。一旦VCC升至复位门限之上，/WDO即刻变成高电平。

四、实训内容：

a.　实训目的

（1）　了解复位电路、及看门狗电路在单片机系统中的作用及工作原理。
（2）　掌握MAX813L专用芯片的使用及工作原理。

b.　实训步骤

（1）．　**手动复位：**手动复位输入（/MR）允许复位通过一个按键开关来触发，其开关通过140ms最小复位脉冲宽度来消除不稳定。/MR是与TTL/CMOS逻辑兼容，因此它可由一根外部逻辑线来驱动。将看门狗复位电路的手动复位插孔**/MR**与开关**K1**相连，用示波器或万用表接**RST**，按动开关**K1**，可观察到一个持续**200ms**的高脉冲。

（2）．　**WATCHDOG定时器：MAX813L看门狗电路监视微处理器的工作。若微处理器在1.6S内不**触发WDI，且WDI不呈三态状态，则/WDO为低电平。只要保证RESET有效或WDI输入为三态，则WATCHDOG定时器被清零且不计数。一旦释放出复位信号，且WDI被驱动为高电平或高电平时，定时器开始计数，可检测到短至50ns的脉冲。

A：将**WR1**悬空，**/WDO**输出保持高电平。将**WR1**与开关**K1**相连，当**K1**保持高电平或低电平**1.6S**以上，用万用表监测**/WDO**将由高电平变为低电平。

B：将**/MR**与**/WDO**相连，**WR1**与开关**K1**相连，当**K1**保持高电平或低电平**1.6S**以上，用万用表监测**RESET**将产生一个复位信号，

（3）．　**电源失效比较器：电源失效比较器由于其输出和非反相输入端在内部并不相连，故其能被用于多**种目的。它的反相输入端内部连至一个1.25V基准电压。为了建立一个早期电源失效告警电路，可将PFI脚与一个电压分压器相连。选择电压分压比率　以至在+5V稳压器下降以前，PFI电压降到1.25V以下。用/PFO中断微处理器，以至它能为将产生的电源掉电作准备。

A：将**PFI**与电位器输出**AOUT1**相连。

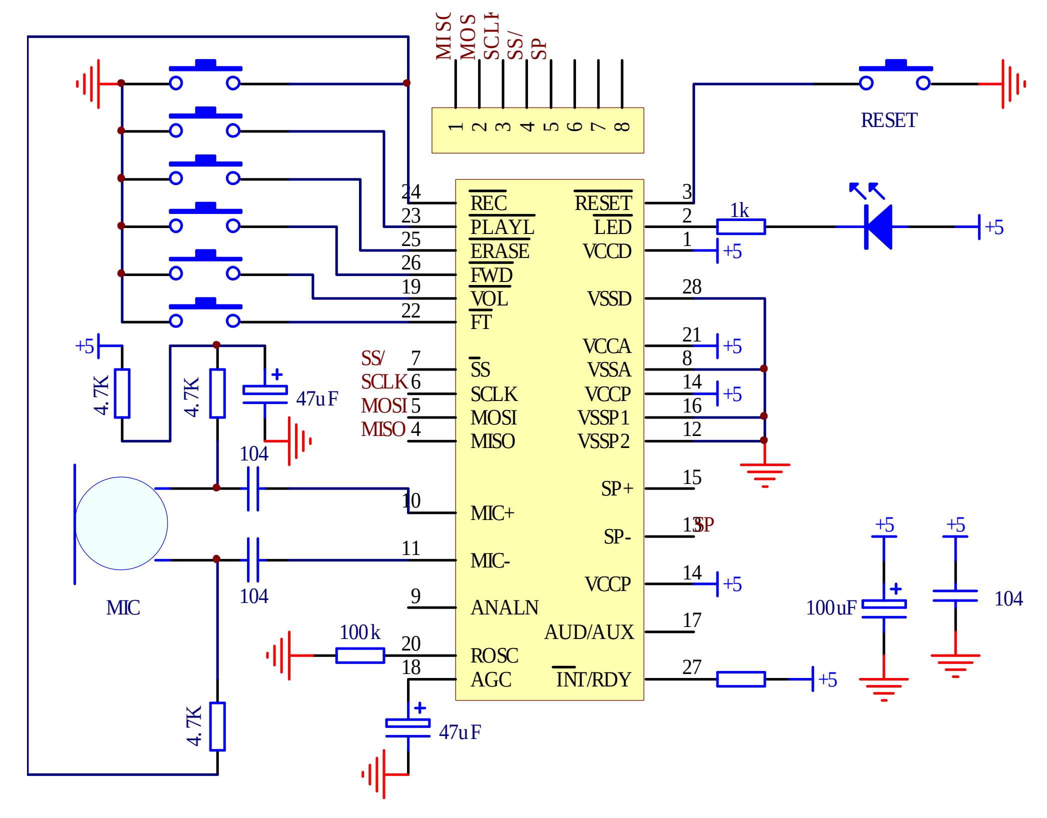
调节电位器，当**PFI**电平低于**1.25V**时，**/PFO**由高电平变为低电平用万用表监测。

实训二十　语音控制（录音）

一、模块实物图：



二、模块原理图：



三、编程指南：

a.　主要组成：麦克风，ISD1730组成。

b.　主要用于：录放30秒的语音，增加系统语意提示功能。

c.　控制要求：

1．　ISD1730是华邦ISD公司2007年新推出的单片优质语音录放电路，该芯片提供多项新功能，包括内置专利的多信息管理系统，新信息提示（vAlert），双运作模式（独立&嵌入式），以及可定制的信息操作

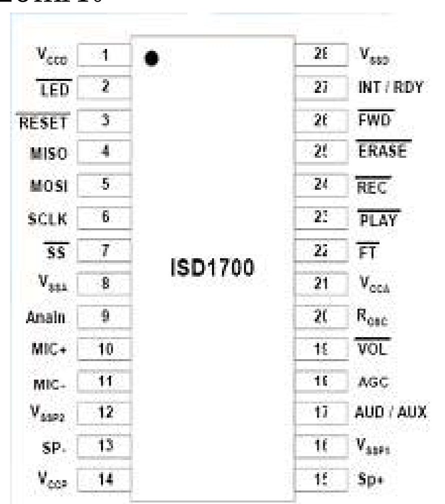
指示音效。芯片内部 包含有自动增益控制、麦克风前置扩大器、扬声器驱动线路、振荡器与内存等的全方位整合系统功能。

2. 特点：

- 可录、放音十万次，存储内容可以断电保留一百年；
- 两种控制方式，两种录音输入方式，两种放音输出方式；
- 可处理多达255段信息；
- 有丰富多样的工作状态提示；
- 多种采样频率对应多种录放时间；
- 音质好，电压范围宽，应用灵活，价廉物美。

3. 电特性：

- 工作电压：2.4V-5.5V，最高不能超过 6V；
- 静态电流：0.5 - 1 μA；
- 工作电流：20mA。



用户可利用震荡电阻来自定芯片的采样频率，从而决定芯片的录放时间和录放音质。下表为ISD1730的参数表：

时间（秒）	20	37	45	60
采样率（KHZ）	12	8	6.4	4
ROSC阻值（KΩ）	60	80	100	160

4. 独立手动按键工作模式

ISD1730的独立按键工作模式录放电路非常简单（后附图），而且功能强大。不仅有录、放功能，还有快进、擦除、音量控制、直通放音和复位等功能。这些功能仅仅通过按键就可完成。在按键模式工作时，芯片可以通过LED管脚给出信号来提示芯片的工作状态，并且伴随有提示音，用户也可自定4种提示音效。

- 录音操作：

按下REC键，REC管脚电平变低后开始录音，直到松开按键使电平拉

高或者芯片录满时结束。录音结束后，录音指针自动移向下一个有效地址。而放音指针则指向刚刚录完的那段语音地址。

- 放音操作 ：

放音操作有两种模式，分别是边沿触发和电平触发，都由 PLAY 管脚触发。

u 边沿触发模式：

点按一下PLAY键，PLAY管脚电平变低便开始播放当前段的语音，并在遇到EOM标志后自动停止。放音结束后，播放指针停留在刚播放的语音起始地址处，再次点按放音键会重新播放刚才的语音。在放音期间，LED灯会闪烁直到放音结束时熄灭。如果在放音期间点按放音键会停止放音。

u 电平放音模式：

如果一直按住PLAY键，使PLAY管脚电平持续为低，那么会将芯片内所有语音信息播放出来，并且循环播放直到松开按键将PLAY管脚电平拉高。在放音期间LED闪烁。当放音停止，播放指针会停留在当前停止的语音段起始位置。

u 快进操作：

点按一下FWD按钮将FWD端拉低，会启动快进操作。快进操作用来将播放指针移向下一段语音信息。当播放指针到达最后一段语音处时，再次快进，指针会返回到第一段语音。当下降沿来到FWD端时，快进操作还要决定于芯片当时的状态：

如果芯片在掉电状态并且当前播放指针的位置不在最后一段，那么指针会前进一段，到达下一段语音处。

如果芯片在掉电状态并且当前播放指针的位置在最后一段，那么指针会返回到第一段语音处。

如果芯片正在播放一段语音（非最后一段），那么此时放音停止，播放指针前进到下一段，紧接着播放新的语音。

如果芯片正在播放最一段语音，那么此时，放音停止，播放指针返回到第一段语音，紧接着播放第一段语音。

擦除操作：

擦除操作分为单段擦除和全体擦除两种擦除方式，区别如下：

u 单个擦除：

只有第一段或最后一段语音可以被单个擦除。点按一下ERASE健将ERASE管脚拉低，这时具体的擦除情况要看播放指针的状态：

- 如果芯片空闲并且播放指针指向第一段语音，则会删除第一段语音，播放指针指向新的第一段语音（执行擦除操作前的第二段）
- 如果芯片空闲并且播放指针指向最后一段语音，则会删除最后一段语音，播放指针指向新的最后一段语音（执行擦除操作前的倒数第二段）
- 如果芯片空闲并且播放指针指向没有指向第一或最后一段语音，则不会删除任何语音，播放指针也不会被改变

• 如果芯片当前正在播放第一段或最后一段语音，点按下ERASE键会删除当前语音。

u 全体擦除：

当按下ERASE键将ERASE管脚电平拉低超过2.5秒钟，会触发全体擦除操作，删除全部语音信息。

u 复位操作：

如果用RESET控制此管脚，建议RESET管脚与地之间连接 一个0.1μF电容。当RESET被触发，芯片将播放指针和录音指针都放置在最后一段语音信息的位置。

u 音量操作：

点按一下VOL键将VOL管脚拉低会改变音量大小。每按一下，音量会减小一档，再到达最小档后再按的话，会增加音量直到最大档，如此循环。总共有8个音量档供用户选择，每一档会改变4dB。复位操作会将音量档放在默认位置，即最大音量。

u FT 直通操作：

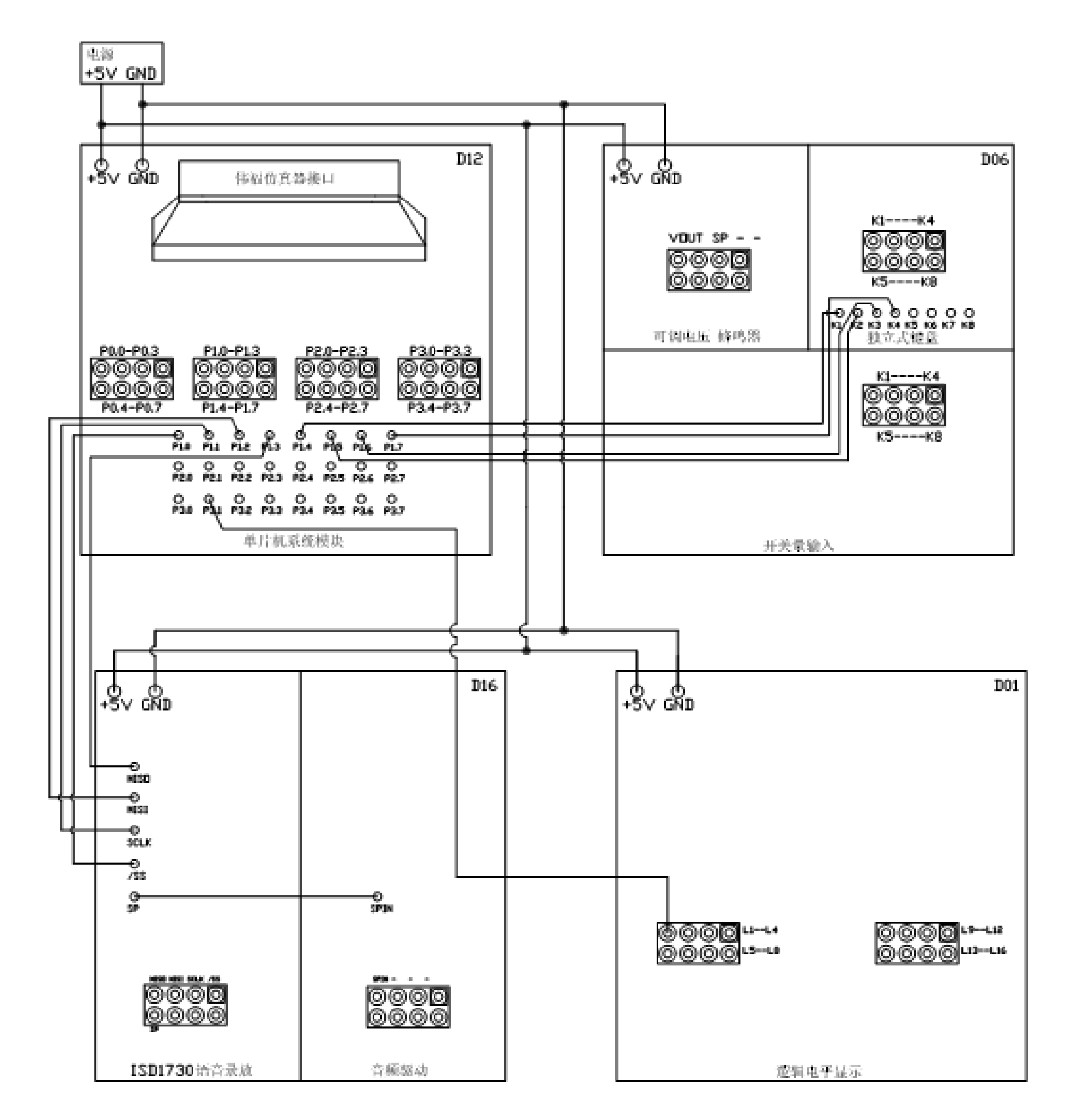
按住FT键将FT管脚持续保持在低电平会启动直通模式。出厂设定的是在芯片空闲状态，直通操作会将语音从Analn端直接通往喇叭端或AUD输出口。在录音期间按下FT键，会同时录下Analn进入的语音信号。

四、实训内容

a. 实训目的：熟悉语音芯片ISD1730录音工作原理，利用单片机控制语音芯片录音，增加系统的语音提示功能。

b. 实训模块：D01、 D06、D12、D16。

c. 接线图：



d.　实训步骤：

1.　手动实训：

SP接VIN(音频功放,用短路块将5V与ON短路),按下REC键不放,LED指示灯亮,此时可对准MIC麦克风开始录音，松开REC键,既可录完一段.如果继续录音,同样操作,不过地址指针会自动向下加1,不会覆盖前面的内容。 放音时，按下PLAY键，即右播放当前地址内容。

2.　联机SPI程序控制：

P1.0接/SS，P1.1接SCLK，P1.2接MOSI，P1.3接MISO；
P1.4 接K1（K1=1录音，K1=0放音）；
P1.5接K2（复位，“0”低电平位复位，正常工作时应打在“1”高电平）；

P1.6接K3（录音时，K3置低电平，运行程序，L1亮，若L1不亮，则重新装载运行直至L1亮，此时可以录音。 放音时，重新装载运行程序，K3给一个脉冲,L1亮后,即可放音。

P1.7接K4（“1”高电平时，MIC录音；“0”低电平时，线录录音）；

P3.1接LED（发光二极管）；

1.录音开关初始状态：K1高电平,K2高电平, K3高电平, K4高电平;录音时K3低电平开始录音，L1亮。注意：录音手动全部擦除（按下擦除键不放，指示灯闪烁两次后指示灯闪烁七次）。

2.放音开关初始状态：K1低电平,K2高电平, K3高电平, K4高电平;放音时K3状态由高-低-高后开始放音。

录放音时，将开关设置好，调入程序运行。

3.程序名称：ISD1730。

实训二十一　语音控制（放音）

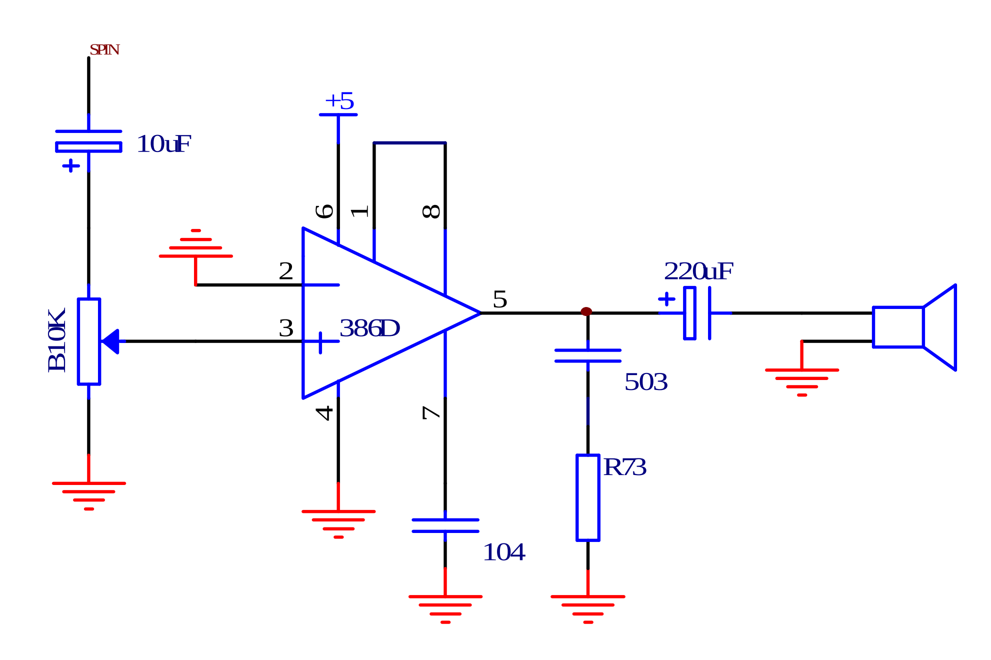
同实训二十

实训二十二　音频驱动

一、模块实物图：

参考实训二十

二、模块原理图：



三、编程指南

a. 主要组成：LM386，喇叭组成。

b. 用于：音频信号转为声音。

c. 知识点：

- 音名与频率的关系：

　　音乐的十二平均率规定：每两个八度音（如简谱中的中音1与高音1）之间的频率相差一倍。在两个八度音之间，又可分为十二个半音，每两个半音的频率比为12更号2。另外，音名A（简谱中的低音6）的频率为440HZ，音名B到C之间、E到F之间为半音，其余为全音。由此可以计算出简谱中从低度音1至高音1之间每个音名的频率，如下表所示：

　　简谱中音名与频率的关系表：

音名	频率（HZ）	音名	频率（HZ）	音名	频率（HZ）
低音1	261．63	中音1	523．25	高音1	1046．50
低音2	293．67	中音2	587．33	高音2	1174．66
低音3	329．63	中音3	659．25	高音3	1318．51
低音4	349．23	中音4	698．46	高音4	1396．92
低音5	391．99	中音5	783．99	高音5	1567．98
低音6	440	中音6	880	高音6	1760
低音7	493．88	中音7	987．76	高音7	1975．52

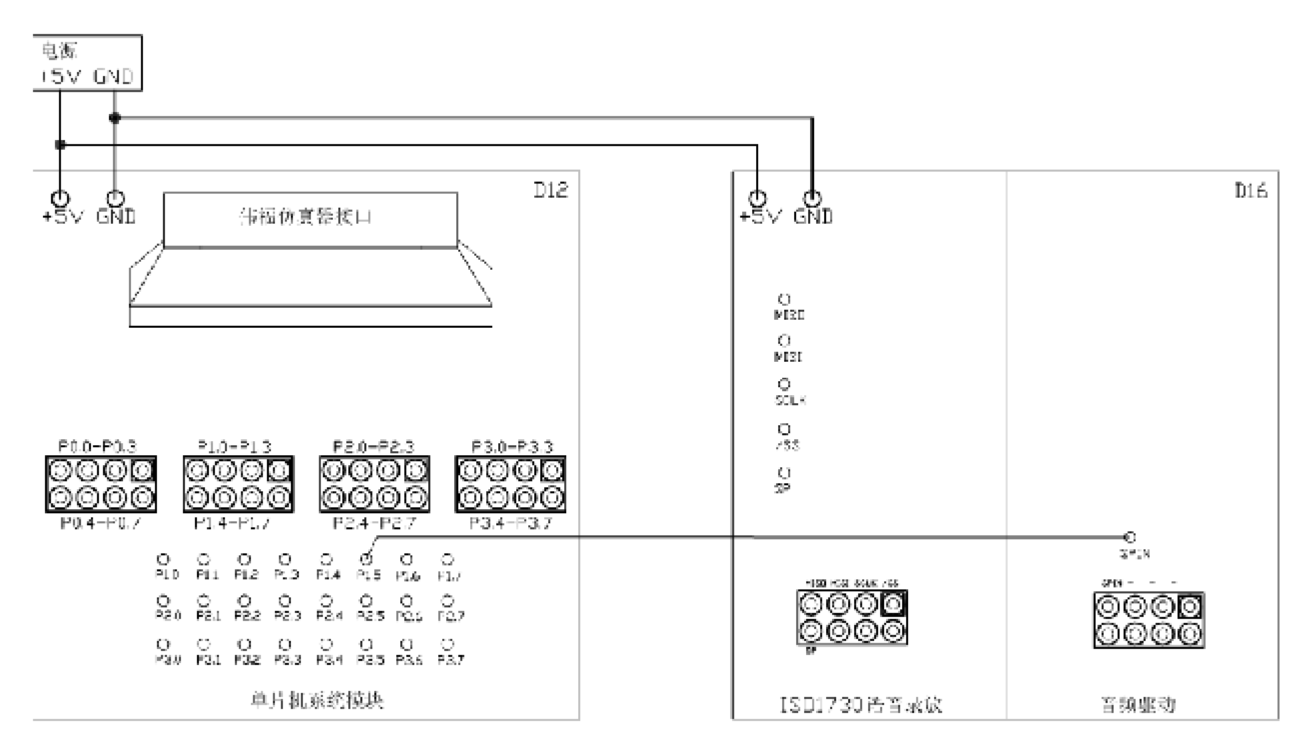
l 由于音阶频率多为非整数，而分频系数又不能为小数，故必须将计算得到的分频数四舍五入取整。若基准频率过低，则由于分频系数过小，四舍五入取整后的误差较大。若基准频率过高，虽然误码差变小，但分频结构将变大。实际的设计应综合考虑两方面的因素，在尽量减小频率误差的前提下取合适的基准频率。

四、实训内容：

a. 实训目的：了解电子音乐的产生与频率的关系，编写一个电子音乐发生器。

b. 实训模块： D12、D16。

c. 接线图：



d. 实训步骤：

1． 依次将实训模块置入实训箱内部；

2． 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

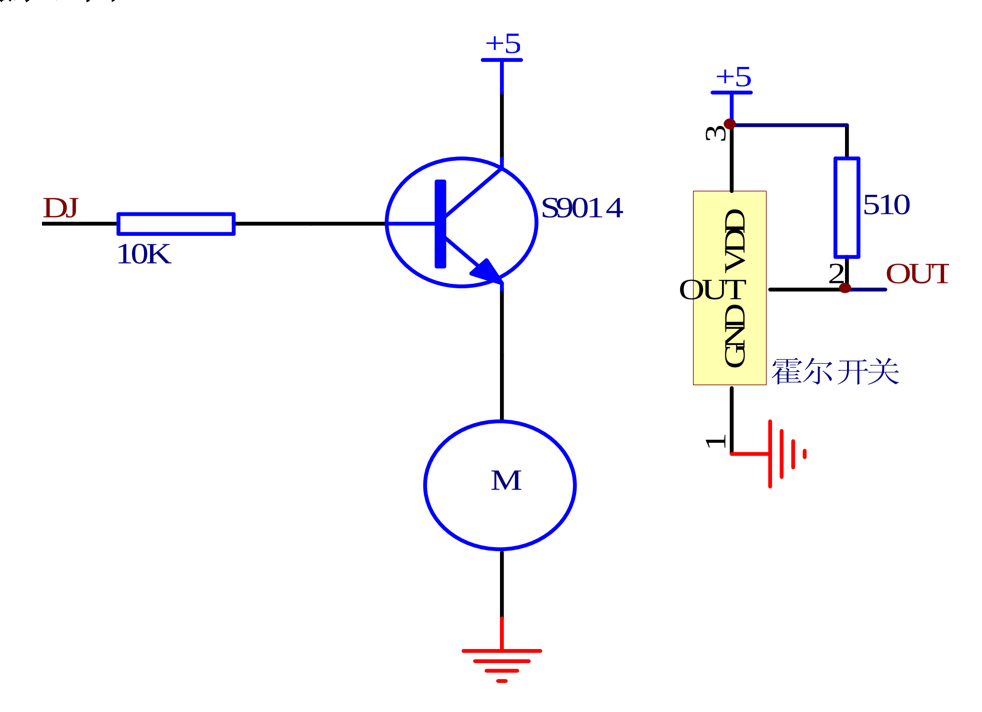
3. 接电源线： 将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；
4. 接信号线：P1.5接蜂鸣器SPIN孔；
5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器开关，运行程序，观察实训现象；
6. 实训现象：喇叭将演奏音乐；
7. 程序名称：音频。

实训二十三　直流电机

一、模块实物图：



二、模块原理图：



三、编程指南：

a. 主要组成：直流电机，三极管，霍尔开关组成。

b. 主要用于：控制电机的速度。

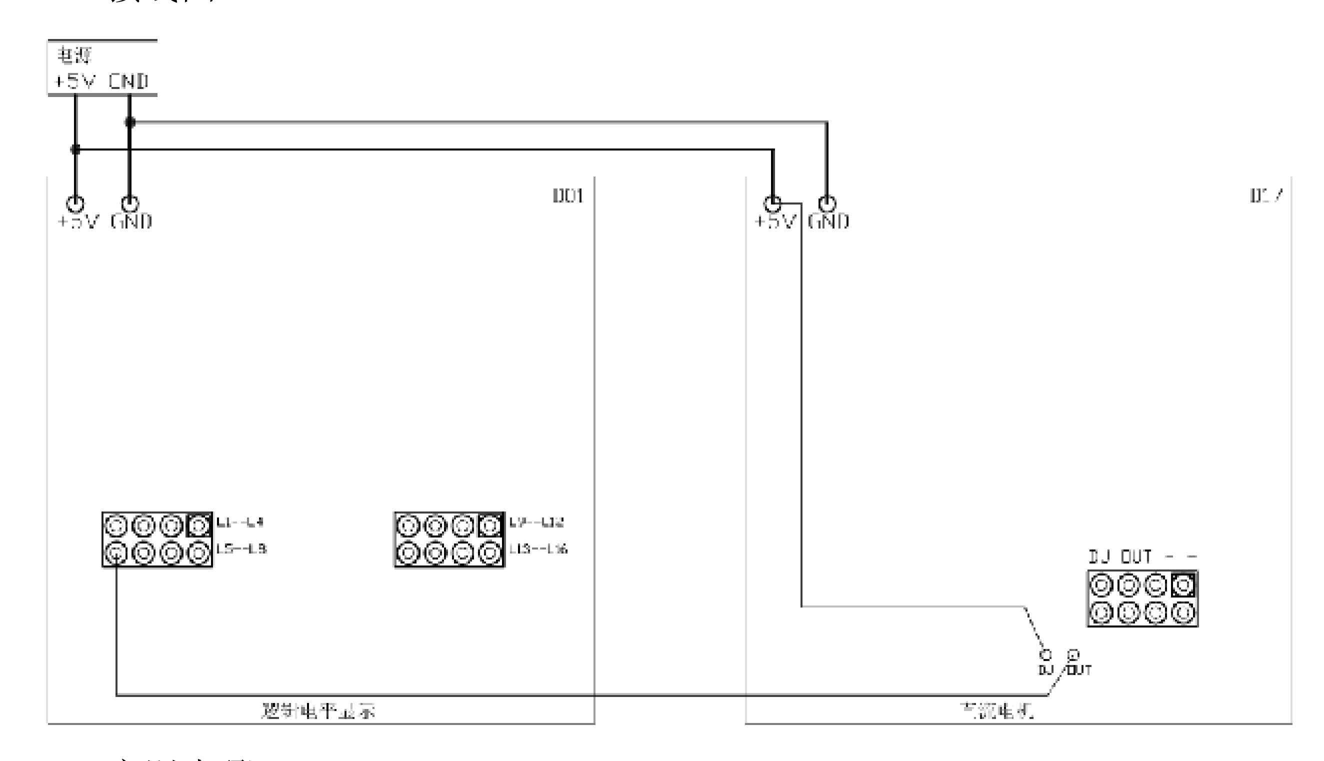
c. 控制要求：直流电机和霍尔传感器组成测速机构（模块），小直流电机转盘上装有磁钢，霍尔传感器装在转盘下面，当转盘转动一圈，磁钢感应传

感器一次，传感器产生一个脉冲信号。

四、实训内容：

a. 实训模块： D01、D17。

b. 接线图：



c. 实训步骤：

1. 依次将实训模块置入实训箱内部；

2. 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3. 接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；

4. 接信号线：DJ接高电平，OUT接L1；

5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，观察实训现象；

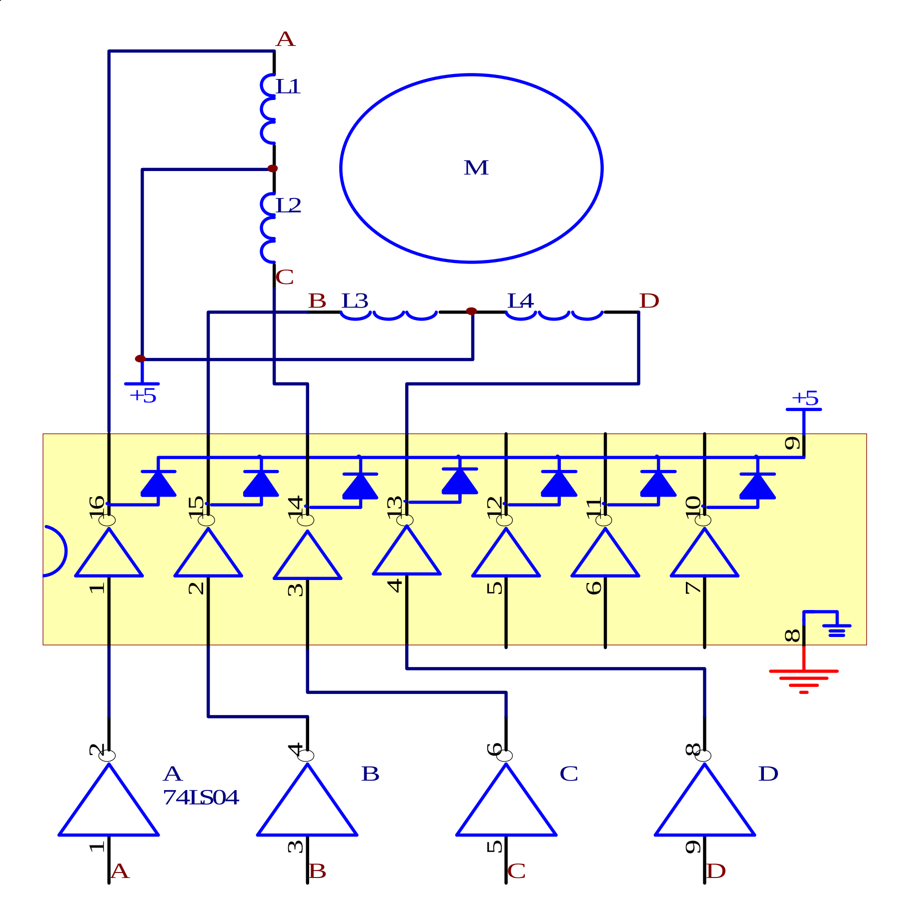
6. 实训现象：电机转动，LED闪烁（启动瞬间）。

实训二十四　步进电机控制接口

一、模块实物图：



二、原理图：



三、编程指南：

a.　主要组成：步进电机，驱动IC组成。

b.　主要用于：控制步进电机方向与速度控制。

c.　控制要求：

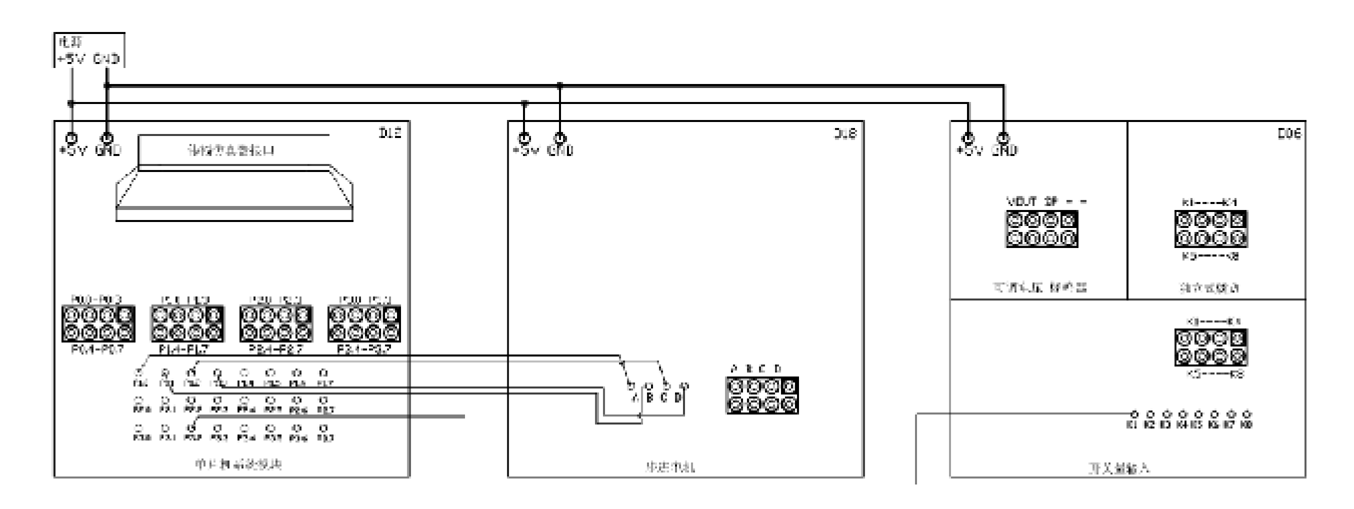
电压 DC.V	电阻 (25℃) 每相 ±7%	步距角	减速比	牵入转矩 mN.m	自定位转矩 mN.m	空载牵入频率 Hz	空载牵出频率 Hz	绝缘电阻 DC.500V	绝缘介电强度 AC.600V.1mA.1S	温升 K	噪音 dB(A)
5	40Ω	5.625°/16	1/16	≥12	≥10	≥500	≥800	≥50MΩ	无击穿或飞弧	≤35	≤40

接线端序号	导线颜色	分配顺序							
		1	2	3	4	5	6	7	8
5	红	+	+	+	+	+	+	+	+
4	橙	—	—						—
3	黄		—	—	—				
2	粉				—	—	—		
1	蓝						—	—	—

四、实训内容：

a. 实训模块： D12、D18。

b. 接线图：



c. 实训步骤：

1． 依次将实训模块置入实训箱内部；

2． 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3． 接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；

4． 接信号线：P1.0、P1.1、P1.2、P1.3（D12）分别接A、B、C、D（D18）P3.2(D12)接拨动开关K1(D06) ；

5． 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真

器开关，运行程序，观察实训现象；

6. 实训现象：通过拨动开关K1，实现步进电机正反转；

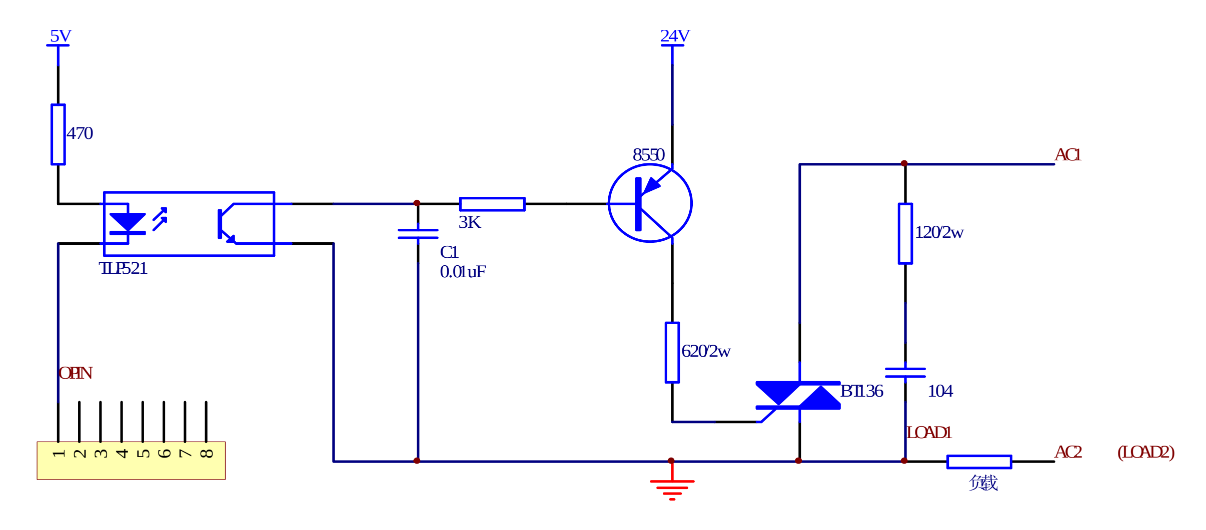
7. 程序名称：步进电机。

实训二十五　晶闸管隔离驱动控制接口

一、模块实物图：



二、模块原理图：



三、编程指南

a. 主要组成：双向可控硅BT136与光藕TLP521组成。

b. 用于：弱电控强电。

c. 控制要求：负载最大电压250VAC,测试时注意，手接触输入端或手接触输入端的导线都可能引起可控硅误导通。

四、实训内容

a. 实训材料：D06、 D19、灯炮（AC220V）。

b. 实训步骤：

1. 依次将实训模块置入实训箱内部；

2. 接电源线： 将实训箱5V，24V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND，+24V、GND分别对应接入实训模块。将实训屏220VAC接入AC1、AC2,灯炮接入LOAD1、LOAD2；

3. 接信号线：OPIN(D18)接拨动开关K1(D06) ；

4. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V、24V，220VAC电源开关，拔动开关，观察实训现象；

5. 实训现象：开关控制灯炮亮灭。

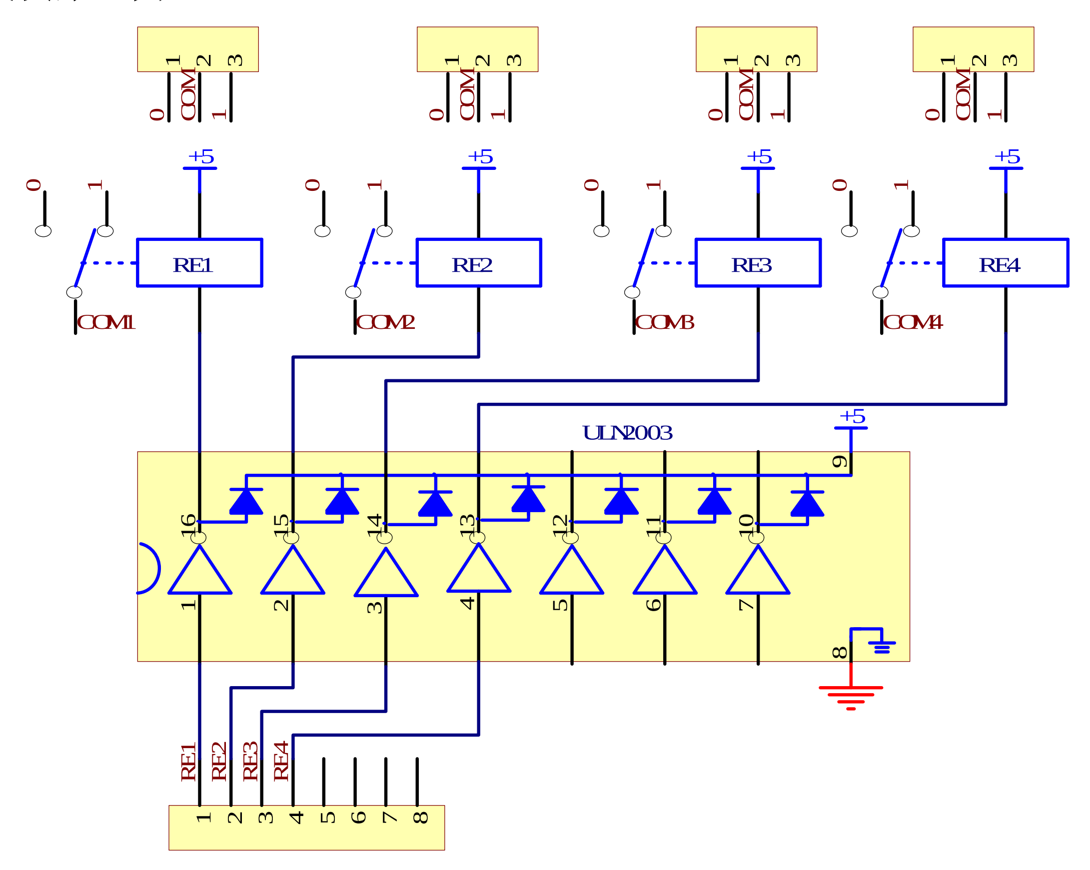
6. 注意:实训时AC1与AC2电压选择要跟据实际灯泡规格,千万不可勿接电源。

实训二十六　继电器控制

一、模块实物图：

参考实训二十五

二、模块原理图：



三、编程指南：

a.　主要组成：4组继电器与驱动IC组成。

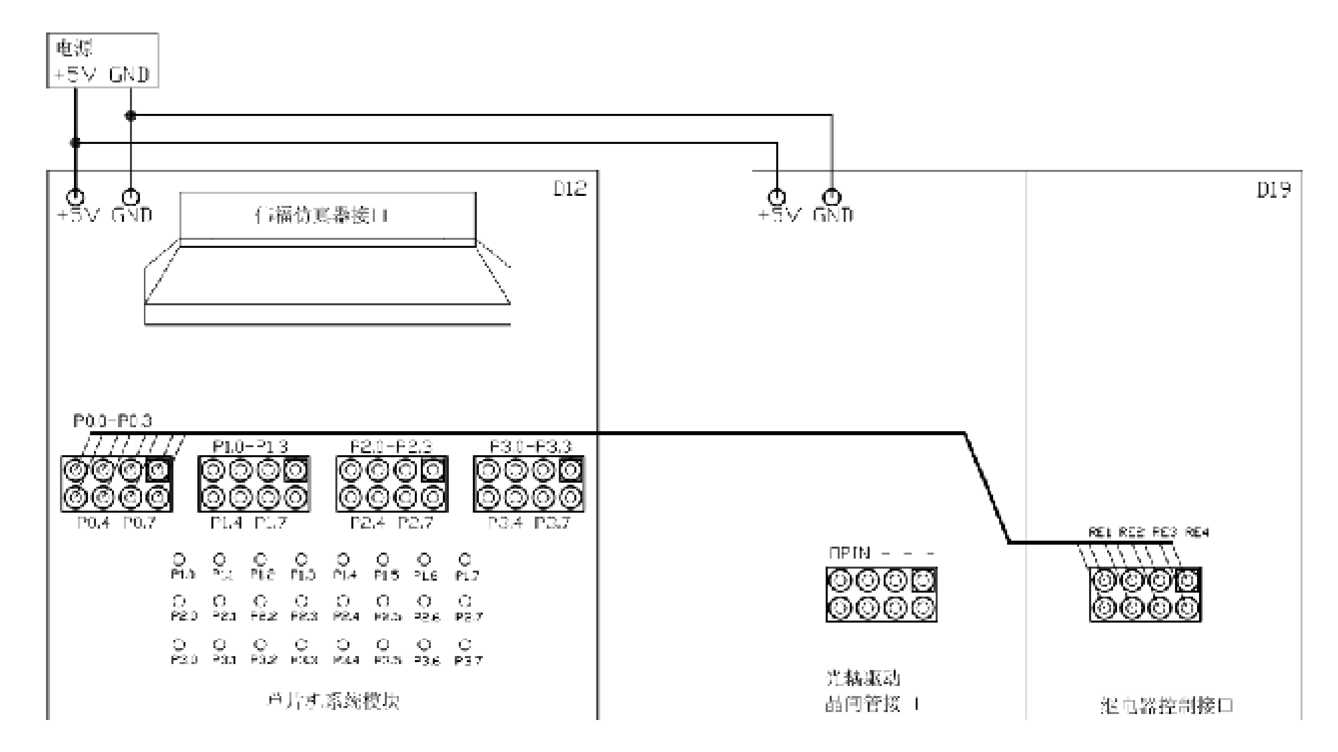
b.　用于：弱电控强电。

c.　控制要求：输入端高电平有效。

四、实训内容

a.　实训模块：　D12、D19。

b.　接线图：

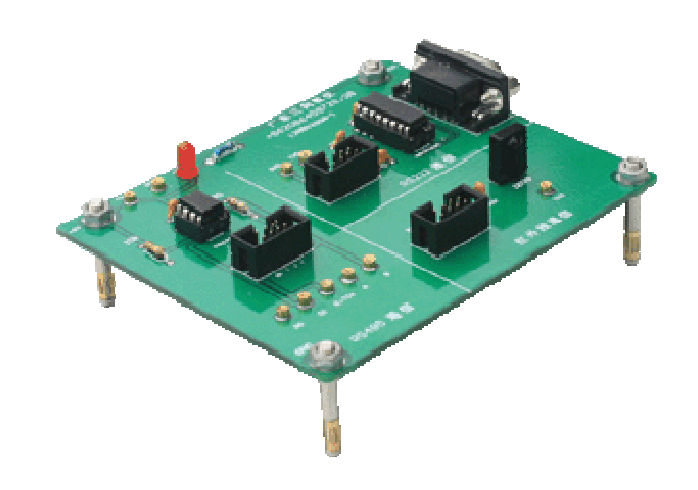


c. 实训步骤：

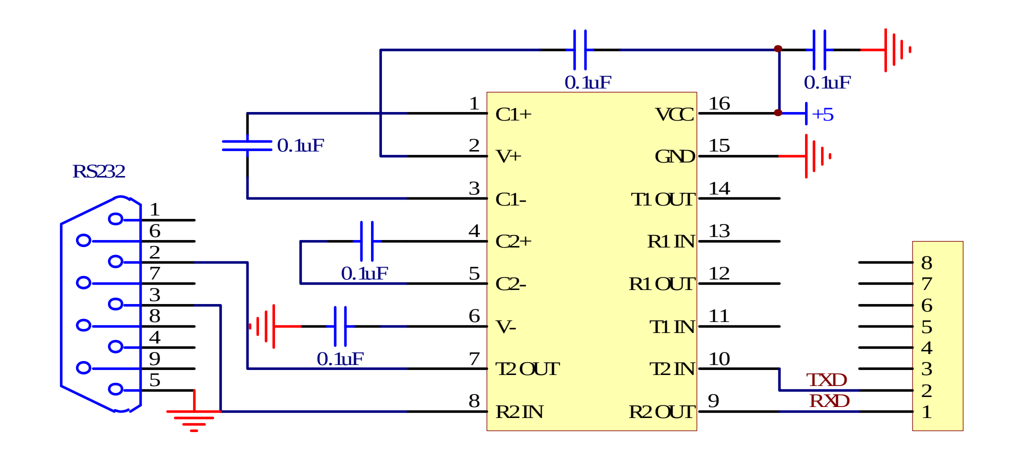
1. 依次将实训模块置入实训箱内部；
2. 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；
3. 接电源线： 将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；
4. 接信号线：P1.0、P1.1、P1.2、P1.3（D12）分别接RE1、RE2、RE3、RE4
5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器开关，运行程序，观察实训现象；
6. 实训现象：继电器轮流吸合；
7. 程序名称：继电器控制。

实训二十七　RS232通信接口

一、模块实物图：



二、模块原理图：



三、编程指南

a.　主要组成：RS232组成。

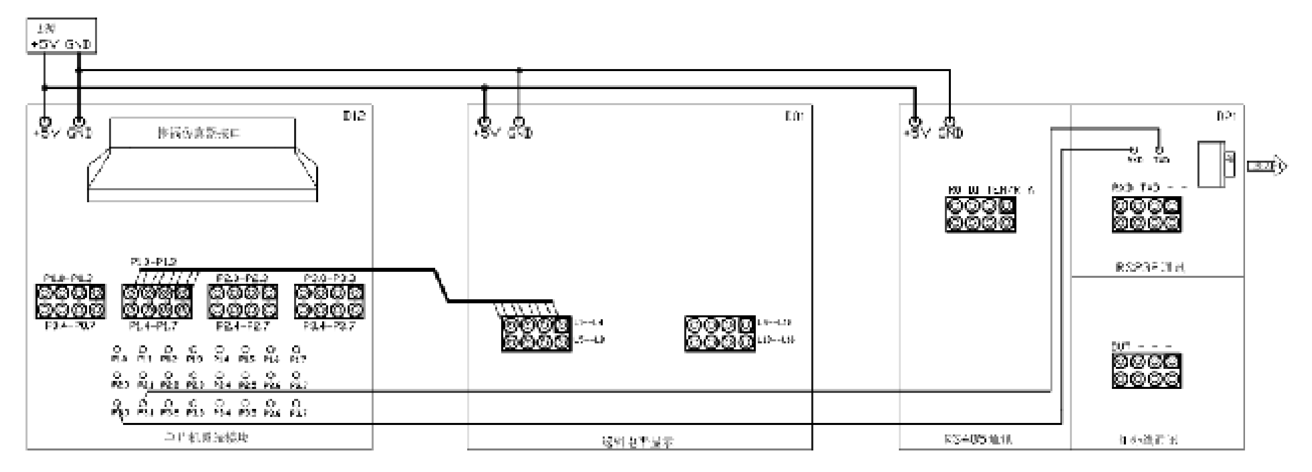
b.　用于：通信。

四、实训内容：

计算机与单片机之间通信，上位机软件“串口调试助手”下发数据，单片机接收数据，并将接收到的数据传给上位机。

a.　实训模块：　D01、D12、D21。

b.　接线图：



c． 实训步骤：

1. 依次将实训模块置入实训箱内部；

2. 接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；

3. 检查电源线，正确后接通实训箱5V电源开关，使用下载线将程序烧写入单片机内部。

4. 接信号线：RXD接RXD,TXD接TXD,P1接LED；

5. 检查信号线是否正确，运行程序，观察实训现象；

6. 实训现象：上位机上发送数据，LED灯对应显示，并将接收到的数据传给上位机；

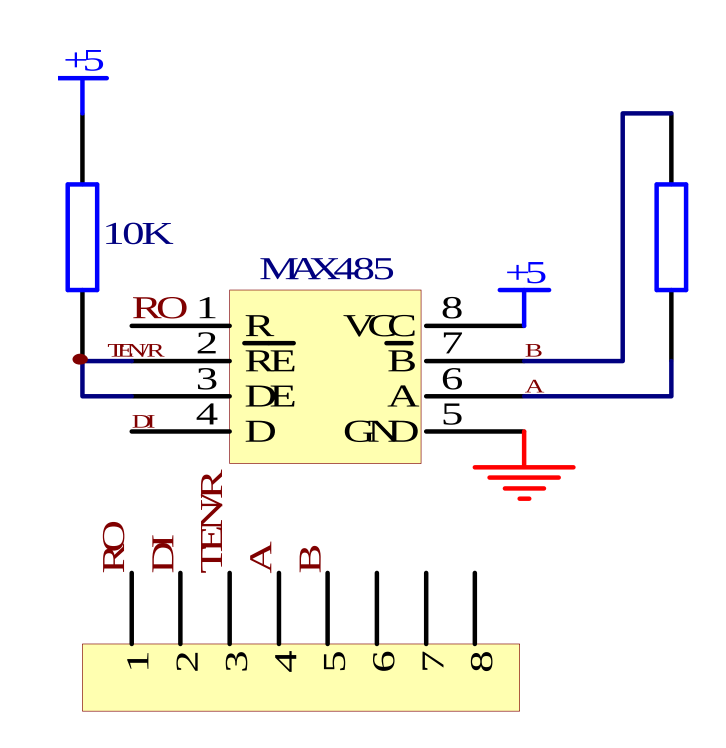
7. 程序名称：232串口通信。

实训二十八　RS485通信接口（双机通讯）

一、模块实物图：

参考实训二十七

二、模块原理图：



三、编程指南

a.　主要组成：RS485组成。

b.　用于：通信。

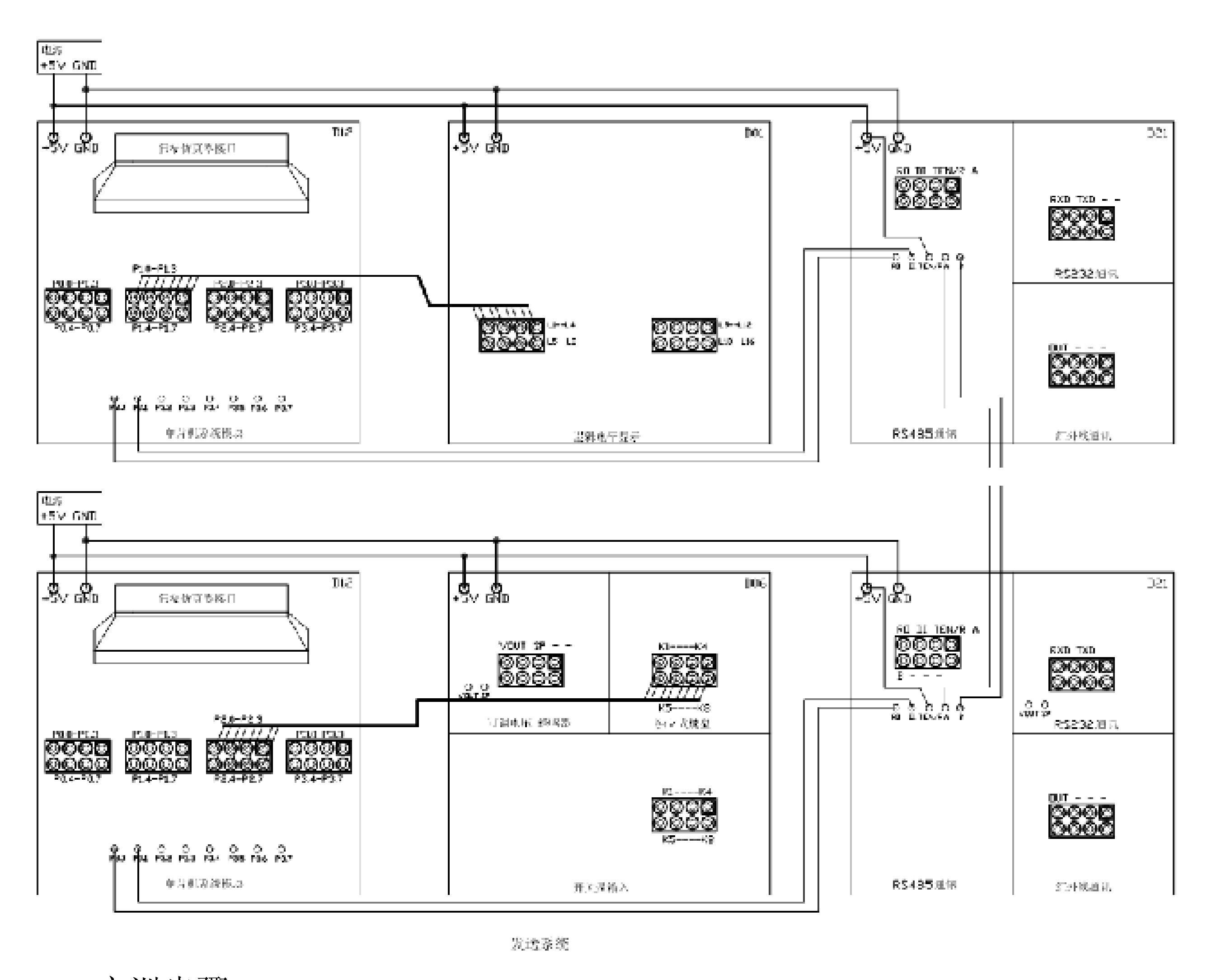
四、实训内容：

两套单片机系统，一套作为发送，另一套作为接收。

a.　实训目的：了解单片机8251串行口的工作原理以及收/发送方式，了解RS232以及RS485接口的工作原理及收/发送方式。

b.　实训模块：发送系统，D06、D12、D21。接收系统，D01、D12、D21。

c.　接线图：



d.　实训步骤：

1.　依次将实训模块置入实训箱内部；

2.　接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块，正确后接通实训箱5V电源开关，使用下载线将程序（发送与接收程）分别烧写入单片机内部；

3.　接信号线：发送系统：P2接轻触开关，R0接P3.0，DI接P3.1，R/TEN接高电平，A接A ,B接B；

接收系统：P1接LED灯R/TEN-低电平，R0接P3.0，DI接P3.1；

4.　检查信号线是否正确，运行程序，观察实训现象；

5.　实训现象：发送系统是通过按下轻触开关发送数据，接收系统接收到数据后LED灯显示；

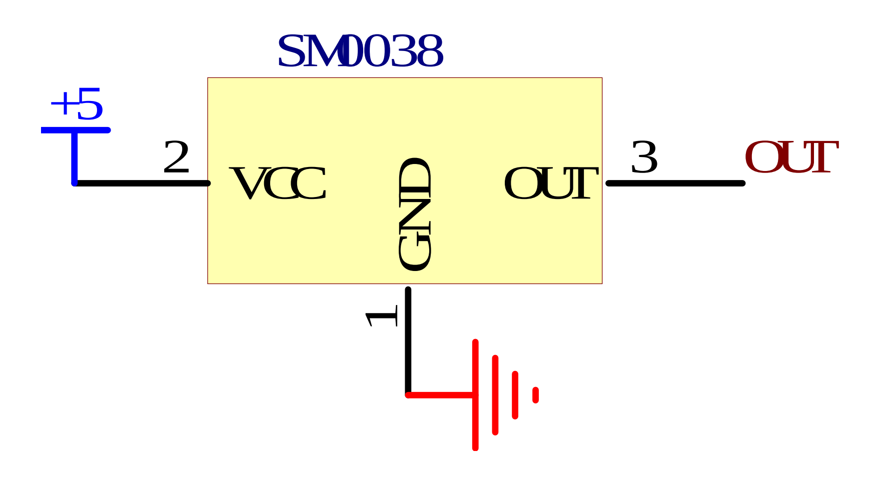
6. 程序名称：RS485串口通信。

实训二十九　红外线遥控器通信

一、模块实物图：

参考实训二十七

二、模块原理图：



三、编和指南：

a. 主要组成：红外线接收器组成。

b. 用于：通信。

c. 控制要求：

（**1**）红外线遥控系统：通用红外遥控系统由发射和接收两大部分组成，应用编/解码专用集成电路芯片来进行控制操作。发射部分包括光、电转换放大器、解调、解码电路。

（2）遥控发射器及其编码：遥控发射器专用芯片很多，根据编码格式可以分成脉冲宽度调制和脉冲相位调制两在类，这里我们以运用比较广泛，解码比较容易的脉冲宽度调制来加以说明，现以LC7461组成发射电路为例说明编码原理。当发射器按键按下后，即有遥控码发出，所按的键不同遥控编码也不同。

这种遥控码具备有以下特征：

采用脉宽调制的串行码，以脉宽为0.565ms、间隔0.56ms、周期为1.125ms的组合表示二进制的“0”；以脉宽为0.565ms、间隔1.685ms、周期为2.25ms的组合表示二进制的“1”。

上述“0”和“1”组成的42位二进制码经38kHz的载频进行二次调制以提高发射效率，达到降低电源功耗的目的。然后再通过红外发射二极管产生红外线向空间发射。

7461产生的遥控编码是连续的42位二进制码组，其中前26位为用户识别码，能区别不同的红外遥控设备，防止不同机种遥控码互相干扰。后16位为8位的操作码和8位的操作反码用于核对数据是否接收准确。

当遥控器上任意一个按键按下超过36ms时，LC7461芯片的振荡器使芯片激活，将发射一个特定的同步码头，对于接收端而言就是一个9ms的低电平,和一个4.5ms的高电平，这个同步码头可以使程序知道从这个同步码头以后可以开始接收数据。

解码的关键是如何识别“0”和“1”，从位的定义我们可以发现“0”、“1”均以0.56ms的低电平开始，不同的是高电平的宽度不同，“0”为0.56ms,“1”为1.68ms,所以必须根据高电平的宽度区别“0”和“1”。如果从0.56ms低电平过后，开始延时，0.56ms以后，若读到的电平为低，说明该位为“0”，反之则为“1”，为了可靠起见，延时必须比0.56ms长些，但又不能超过1.12ms,否则如果该位为“0”，读到的已是下一位的高电平，因此取（1.12ms+0.56ms）/2=0.84ms最为可靠，一般取0.84ms左右即可。

根据红外编码的格式，程序应该等待9ms的起始码和4.5ms的结果码完成后才能读码。

（3）接收器及解码

SM0038是塑封一体化红外线接收器，它是一种集红外线接收、放大、整形于一体的集成电路，不需要任何外接元件，就能完成从红外线接收到输出与TTL电平信号兼容的所有工作，没有红外遥控信号时为高电平，收到红外信号时为低电平，而体积和普通的塑封三极管大小一样，它适合于各种红外线遥控和红外线数据传输。

（4）遥控器一键值

0A			01
11	12	13	14
15	16	17	18
19	10	1A	1B
0E	02	03	1C

（5）遥控器二键值

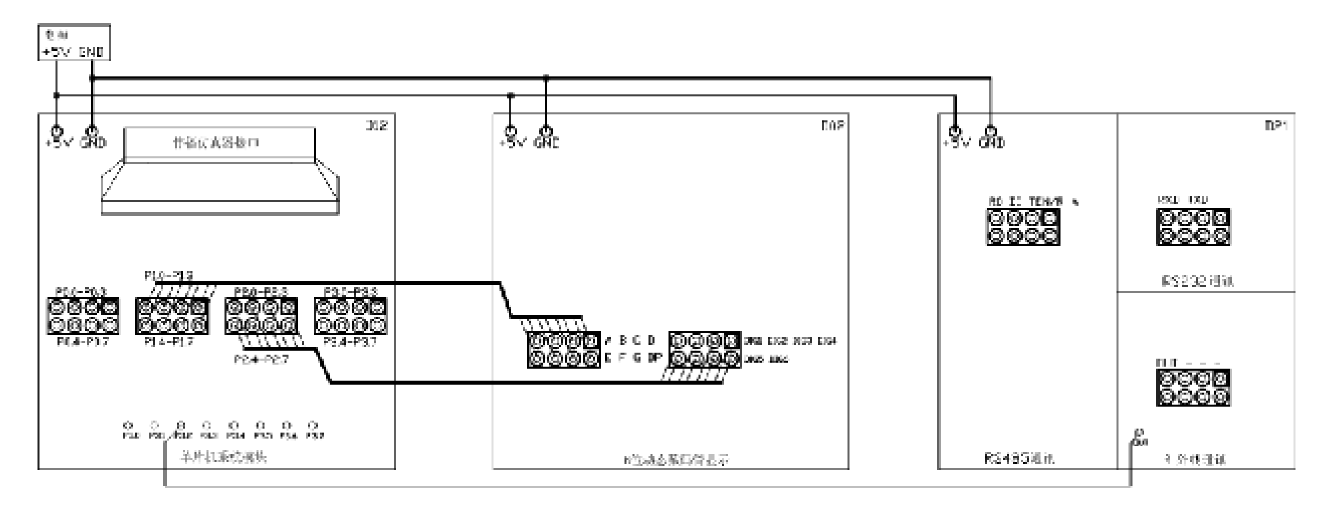
1B		0E
01	02	03
04	05	06
07	08	09
0A	00	0C

四、实训内容：

a. 实训目的 ：了解LC7461芯片及其发射电路工作原理， 了解红外接收器SM0038的工作原理。

b. 实训模块： D02、D12、D21。

c. 接线图：



d. 实训步骤：

1. 依次将实训模块置入实训箱内部；

2. 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；

3. 接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；

4. 接信号线：P2.0接数码管DIS1, P2.1接数码管DIS2，P1接数码管段，OUT接P3.2；

5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真

器开关，运行程序，观察实训现象；

6. 实训现象：按动遥控器上的按钮，将会显示对应的键值；

7. 程序名称：红外线。

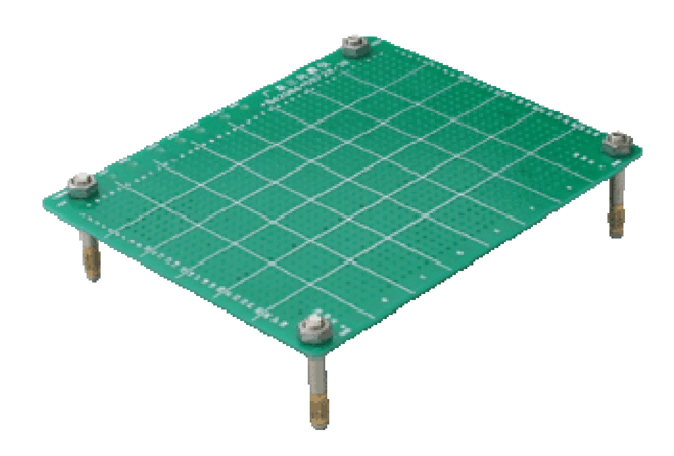
实训三十　万能板

一、技术参数：

a.　板材：玻璃纤维板，1.6mm厚

b.　单面板，长115mm*95mm

二、用于：练习焊接与搭接电路

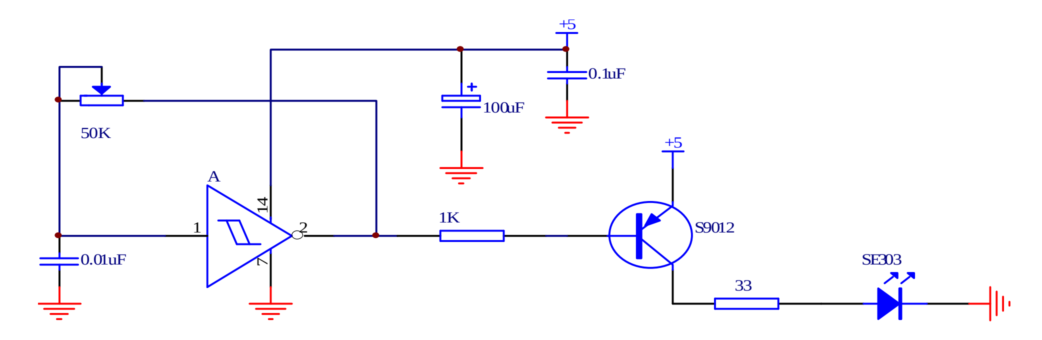


实训三十一　红外线发射与接收电路

一、红外线发射模块实物图：



二、红外线发射电路原理图：



三、红外线发射模块概述：

a. 主要组成：74HC14，三极管S9012，红外线发射管SE303组成。

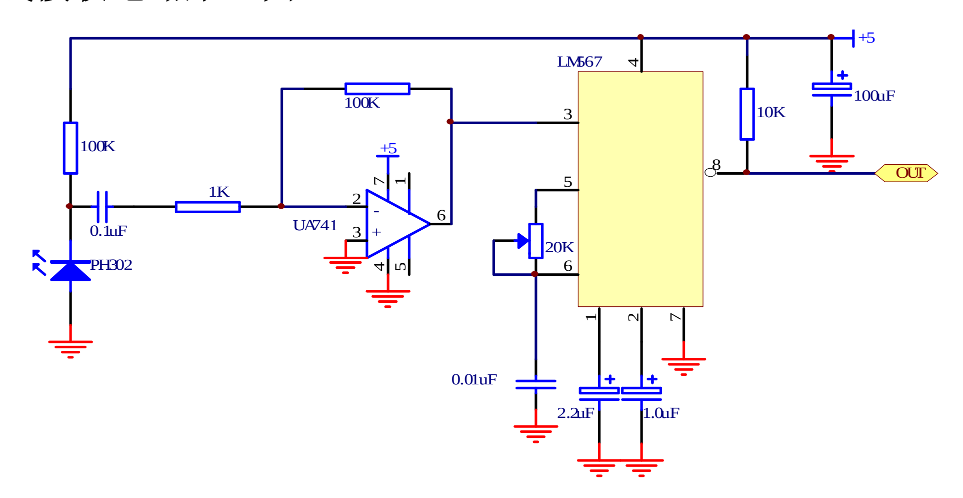
b. 用于：红外线控制。

c. 控制要求：此红外线发射模块与接收模块配合使用，由施密特振荡电路产生方波信号，经过三极管驱动红外线发射管将信号发射出去。电位器可调节信号频率。两个模块同时使用时，有效频率范围：2.5K-5K左右(0.2ms-0.4ms左右)。

四、红外线接收模块实物图：



五、红外线接收电路原理图：



六、红外线接收模块概述：

a. 主要组成：UA741，LM567，红外线发射管PH302组成。

b. 用于：红外线控制。

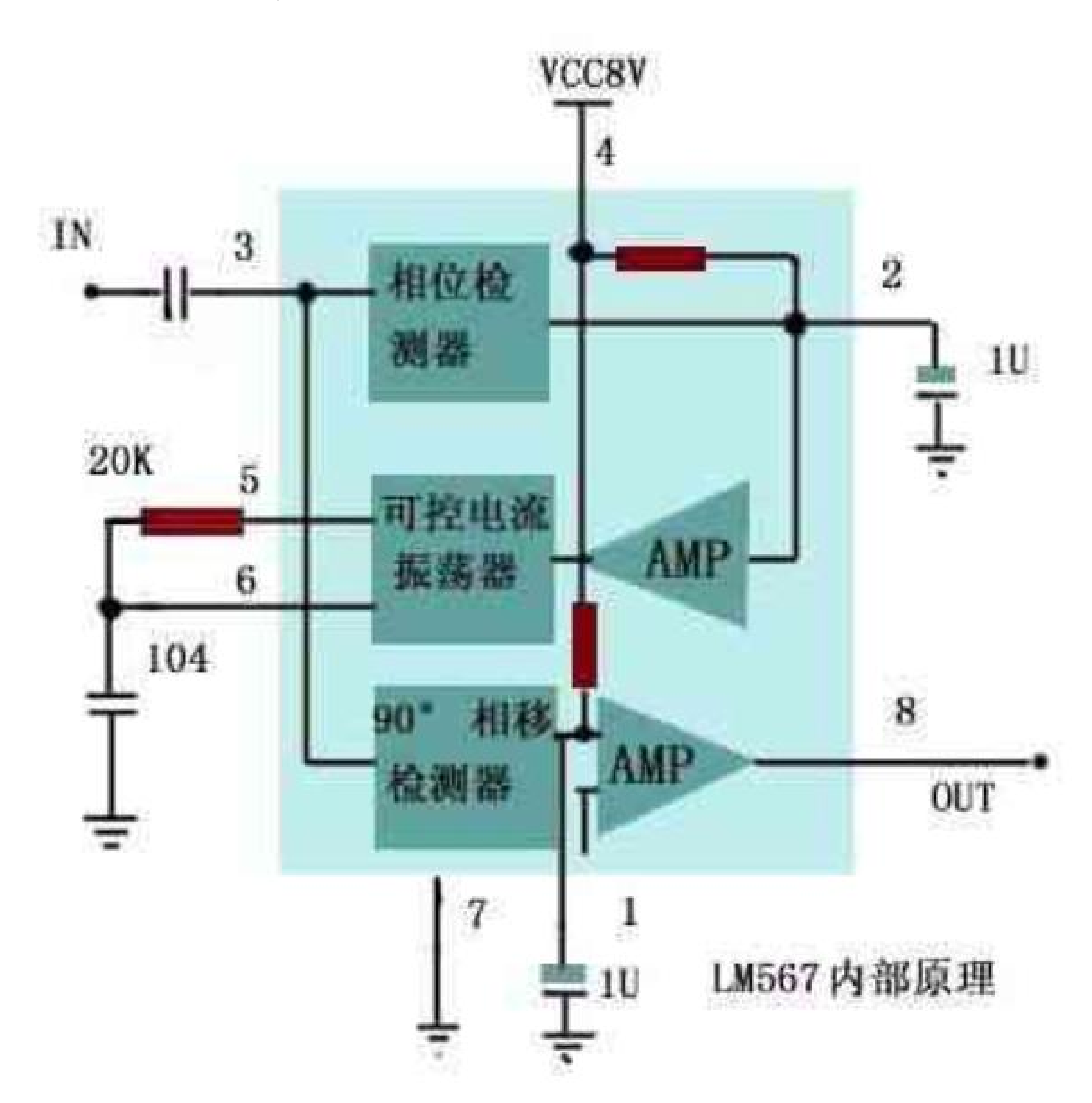
c. 控制要求：此红外线发射模块与接收模块配合使用，由红外线接收管接收信号，通过运放将信号放大，LM567对接收到的信号进行译码，经过三极管驱动红外线发射管将信号发射出去。电位器可以调节信号频率。两个模块同时使用时，有效频率范围：2.5K-5K左右(0.2ms—0.4ms左右)。

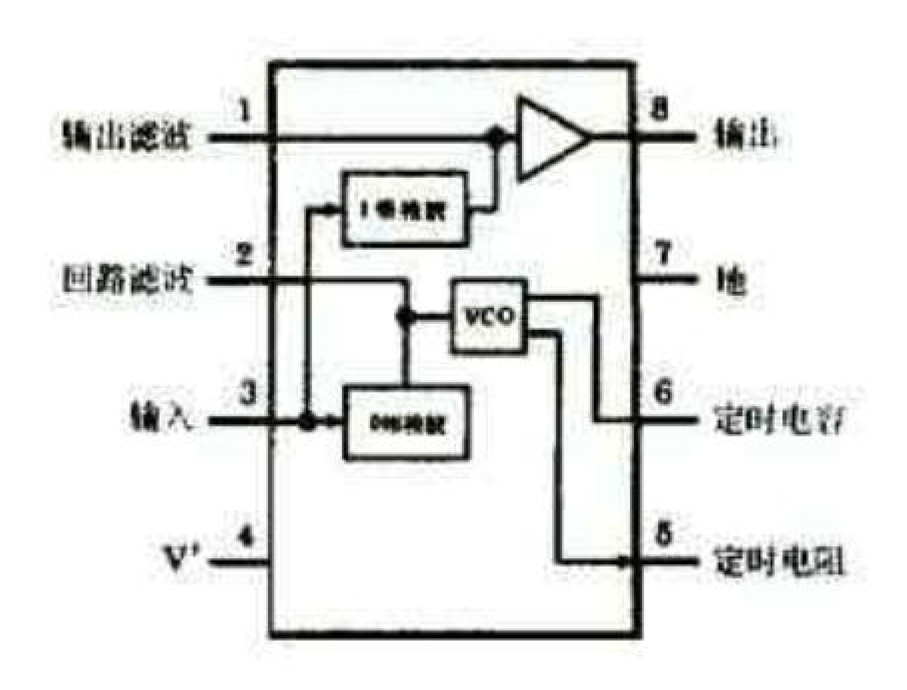
d. 知识点：

1.4.1 LM567 简介

LM567[4]为通用音调译码器，当输入信号于通带内时提供饱和晶体管对地开关，电路由 I 与 Q 检波器构成，由电压控制振荡器驱动振荡器确定译码器中心频率。用外接元件独立设定中心频率带宽和输出延迟。

主要用于振荡、调制、解调、和遥控编、译码电路。如电力线载波通信，对讲机亚音频译码，遥控等。如图 1-4-1





1.4.2 LM567 内部结构及工作原理

LM567 为 8 脚直插式封装，其内部结构、引脚定义及外围元件连接方法如前图所示。

LM567 内部包含了两个鉴相器 PD1 及 PD2、放大器 AMP、电压控制振荡器 VCO 等单元电路。鉴相器 PD1、PD2 均采用双平衡模拟乘法器电路，在输入小信号情况下(约几十 mV)，其输出为正弦鉴相特性，而在输入大信号情况下(几百 mV 以上)，其输出转变为线性(三角)鉴相特性。锁相环路输出信号由电压控制振荡器 VCO 产生，电压控制振荡器的自由振荡频率(即无外加控制电压时的振荡频率)与

外接定时元件 R_TC_T 的关系式为：$f_0 \approx 1/1.1R_TC_T$

选用适当的定时元件，可使 LM567 的振荡频率在 0.01Hz～500kHz 范围内连续变化。电路工作时，输入信号在鉴相器 PD1 中与 VCO 的输出信号鉴相，相差信号经滤波回路滤波后，成为与相差成一定比例的电压信号，用于控制 VOC 输出频率 f_0 跟踪输入信号的相位变化。若输入信号频率落在锁相环路的捕获带内，则环路锁定，在振荡器输出频率与输入频率相同时，二者之间只有一定相位差而无频率差。

环路用于 FM 信号解调时，脚 2 输出的经过滤波后的相差信号可作为 FM 解调信号的输出，而当环路用于单音解调时，电路则利用 PD2 输出的相差信号。

PD2 的工作方式与 PD1 略有不同，它是利用压控振荡器输出的信号 f_0 经 90°移相后再与输入信号进行鉴相，是一正交鉴相器。在环路锁定情况下，PD2 的两个输入信号在相位上相差约为 90°，因而 PD2 的输出电压达到其输出范围内的最大值，再经运算放大器 AMP 反相，在其输出端输出一个低电平。AMP 的输出端为 OC 输出方式，低电平输出时可吸收最大 100mA 的输出电流。该端口的低电平输出信号除可由上拉电阻转换为电压信号以与 TTL 或 CMOS 接口电路相匹配外，还可直接驱动 LED 及小型继电器等较大负载。LM567 的电气参数如表 1 所列。值得一提的是，接在 2 脚的环路滤波电容 C_2 与内部电阻一道构成锁相环路的 RC 积分滤波器，该滤波器时间常数的大小在很大程度上决定了锁相环路的环路带宽 BW 的大小。当 BW 较大时，捕获范围大而稳定性差。减小 BW 则正好相反，其稳定性较好而捕获范围变小。LM567 的环路带宽 BW 可由下式计算：

$$BW=1070(V_i / f_0C_2)^{1/2} \qquad 1.4.1$$

式中，V_i 为输入信号的幅值(rms)

C_2 为滤波电容的容量(单位为μF)

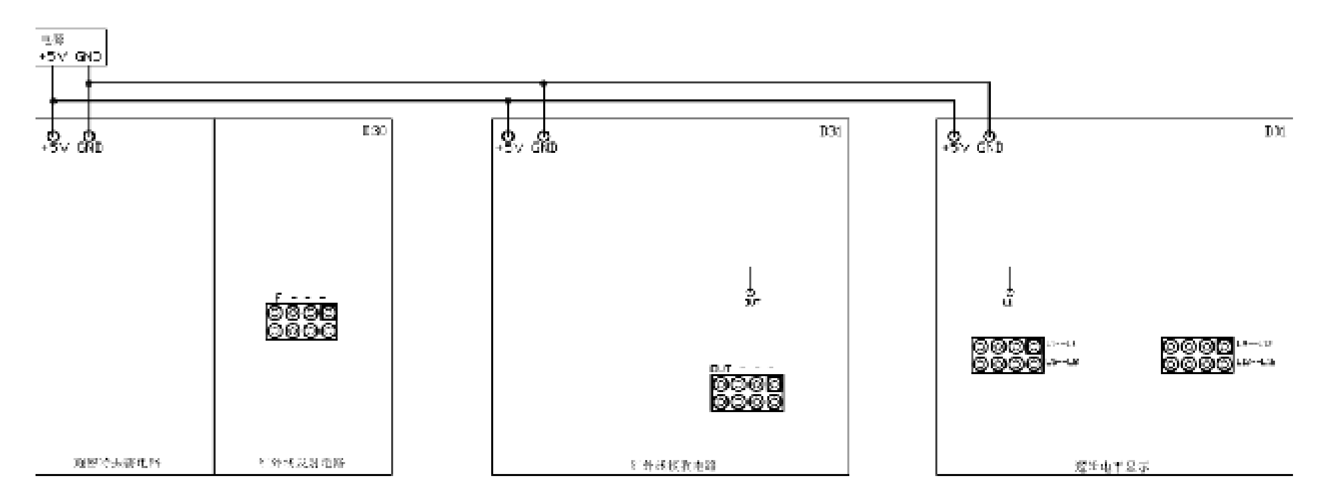
实际上，由上式计算得出的并不是环路带宽 BW 的实际值，而是环路带宽 BW 与环路中心频率 f_0 的百分比，其值再乘上 100％才是锁相环路的实际捕获带宽。实际应用中调整 C_2 的大小可使 BW 在 0％～4％范围内变化。BW 宽度与 f_0C_2 乘积之

间的关系如图2。LM567在正常工作时的最小输入信号为20mV。当用于单音解码时，其工作特性为：当LM567信号输入端加入幅度为20mV以上的交流信号且频率落入f_0±BW范围内时，输出端输出一个低电平的检测信号，这就是所谓的“频率继电器”特性。利用这一特性，LM567可广泛应用于各种低频单一频率信号的解码。

七、实训内容

a. 实训模块：D01、D30、D31。

b. 接线图：



c. 实训步骤：

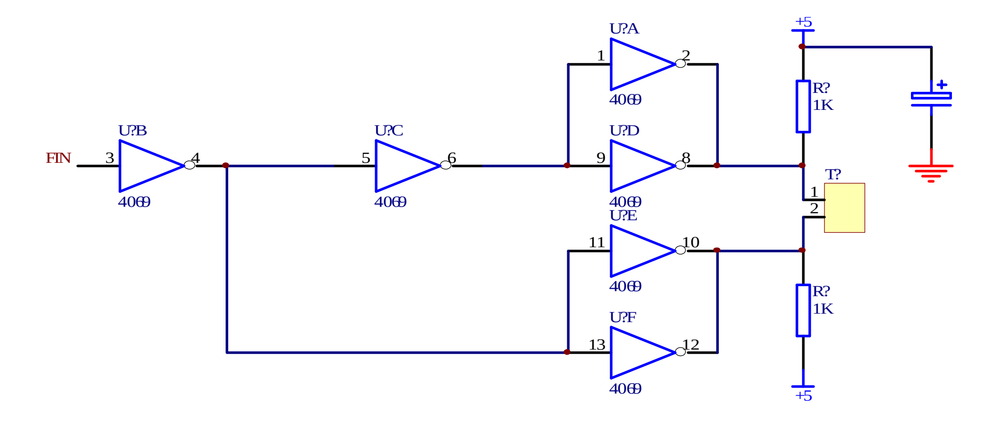
1. 依次将实训模块置入实训箱内部；
2. 接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；
3. 接信号线：接收模块OUT接LED；
4. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关；
5. 调节红外线发射模块上电位器，频率固定在2.5K-5K任意一个点上，使用示波器观察。调节红外线接收模块上电位器，使接收频率与发射频率接近一致，并调节放大倍数调整电位器使放大倍数最大（接收距离），如果LED灯不亮反复调节频率电位器；
6. 实训现象：接收频率与发射频率接近一致，LED灯点亮。

实训三十二　超声波发送与接收电路

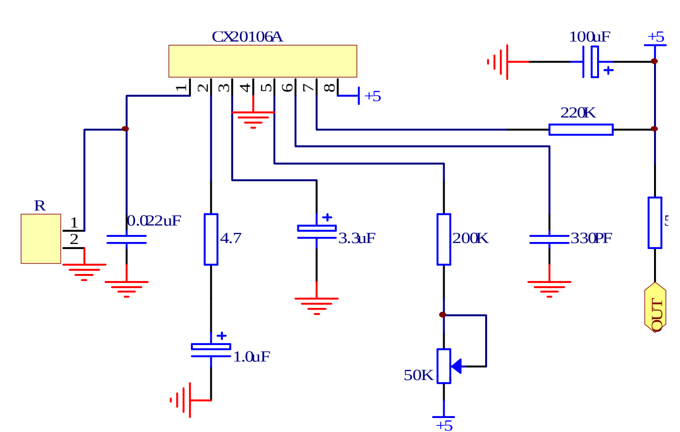
一、模块实物图：



二、超声波发送原理图：



三、超声波接收电路原理图：



四、编程指南：

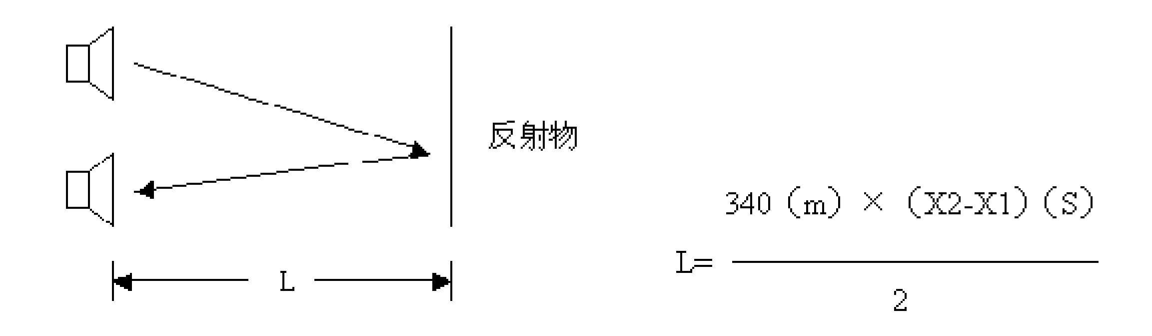
a. 主要组成：超声波发射与接收探头、CX20106A解码芯片等组成。

b. 用于：距离测量。

c. 控制要求：超声波发送电路接40kHZ信号经反向器通过发射探头将信号发出去。

d. 知识点：

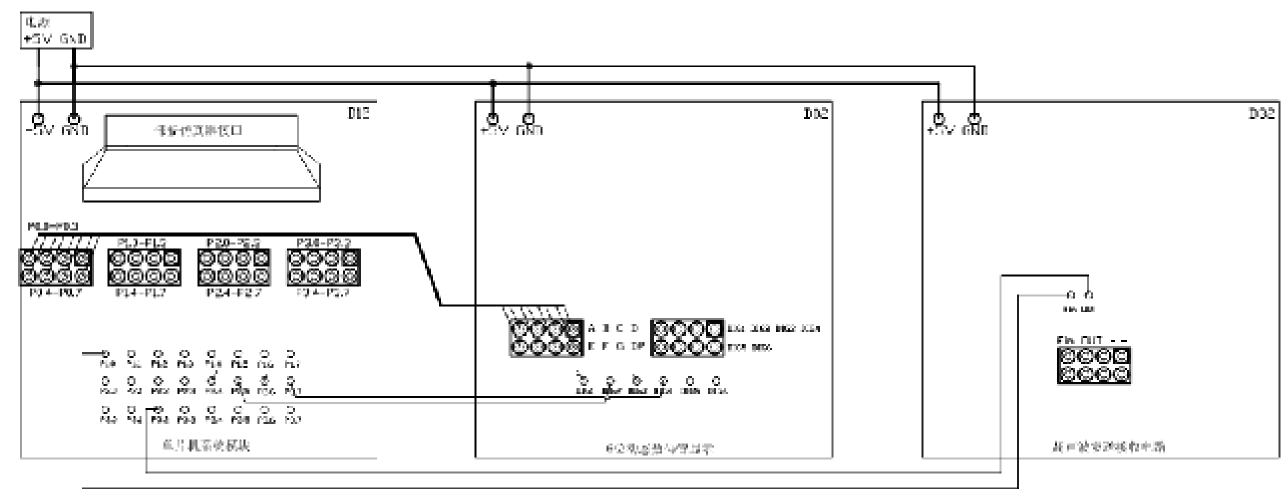
超声波测距的算法原理: 超声波在空气中传播速度为每秒钟340米（15℃时）。X2是声波返回的时刻，X1是声波发声的时刻，X2-X1得出的是一个时间差的绝对值，假定X2-X1=0.03S，则距离为340mx0.03S=10.2米。这就是超声波探头到反射物体之间的距离。



五、实训内容：

a. 实训模块：D02、D12、D32。

b. 接线图：



c. 实训步骤：

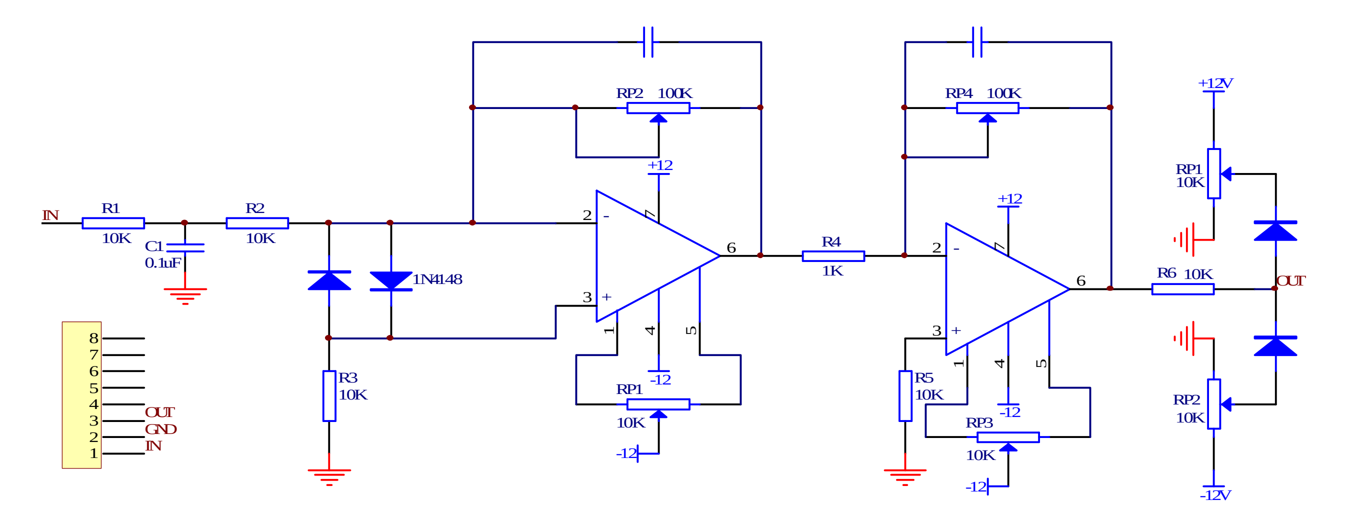
1. 依次将实训模块置入实训箱内部；
2. 将仿真器数据线接入D12模块仿真器接口；
3. 接电源线：将实训箱5V电源开关关闭，将实训箱+5V、GND分别接入每个实训模块；
4. 接信号线：FIN接P1.0,OUT接P3.2, P0接数码管段，P2.4接数码管DIS1,P2.5接数码管DIS2,P2.6接数码管DIS3,P2.7接数码管DIS4；
5. 检查电源线，信号线是否正确，正确后接通实训箱5V电源开关，打开仿真器开关，运行程序，观察实训现象；
6. 实训现象：用物体感应探头，并上下移动，数码管显示的数字为物体与探头之间的距离。测试最小距离为27CM；
7. 程序名称：超声波发送接收。

实训三十三 单端输入放大电路

一、模块实物图：



二、模块原理图：



三、模块概述：

a. 由运放uA741及电位器组成。

b. 用于：直流信号简单放大，可调整放大倍数、调零及调整幅度。

四、实训内容：

a. 实训模块：D06、D38。

b. 实训步骤：

1. 依次将实训模块置入实训箱内部；

2. 接电源线： 将实训箱5V、GND ，+12V、GND、-12V电源开关关闭，将

实训箱电源接入实训模块。

3. 调零：一级运放，二级运放放大倍数据调到最大（逆时针），反复调节一级运放调零电位器，IC1 6脚为0V(万用表测试)，反复调节二级运放调零电位器，OUT为0V(万用表测量) ；

4. 限幅：将D06模块电位器输出端VOUT与GND接入D38模块VIN、GND

调节正限幅电位器，固定输出最大正电压(万用表测量)。将VIN、GND对调调节负限幅电位器，固定输出最大负电压(万用表测量) ；

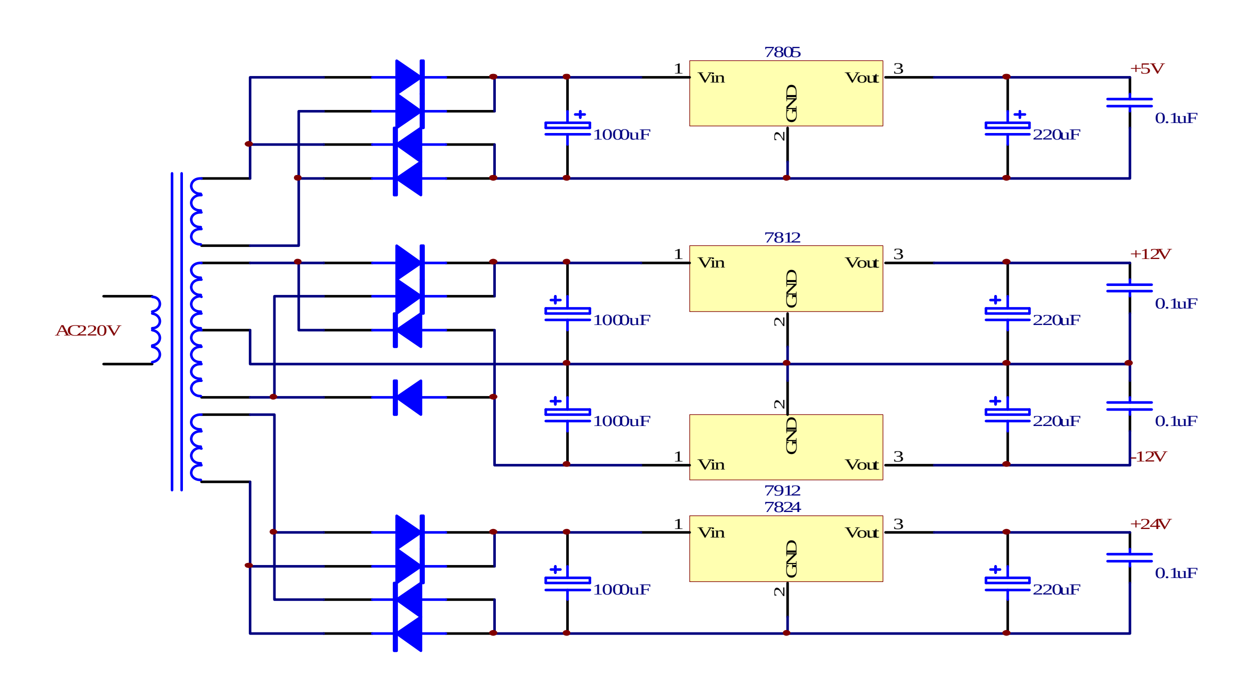
5. 放大：调节一级运放与二级运放放大倍数，用万用表测量输出端OUT电压。

实训三十四　直流稳压电源

一、模块实物图：



二、模块原理图：



三、模块概述：

a. 主要组成：电源变压器，稳压IC(7805,7812,7912,7824)组成。

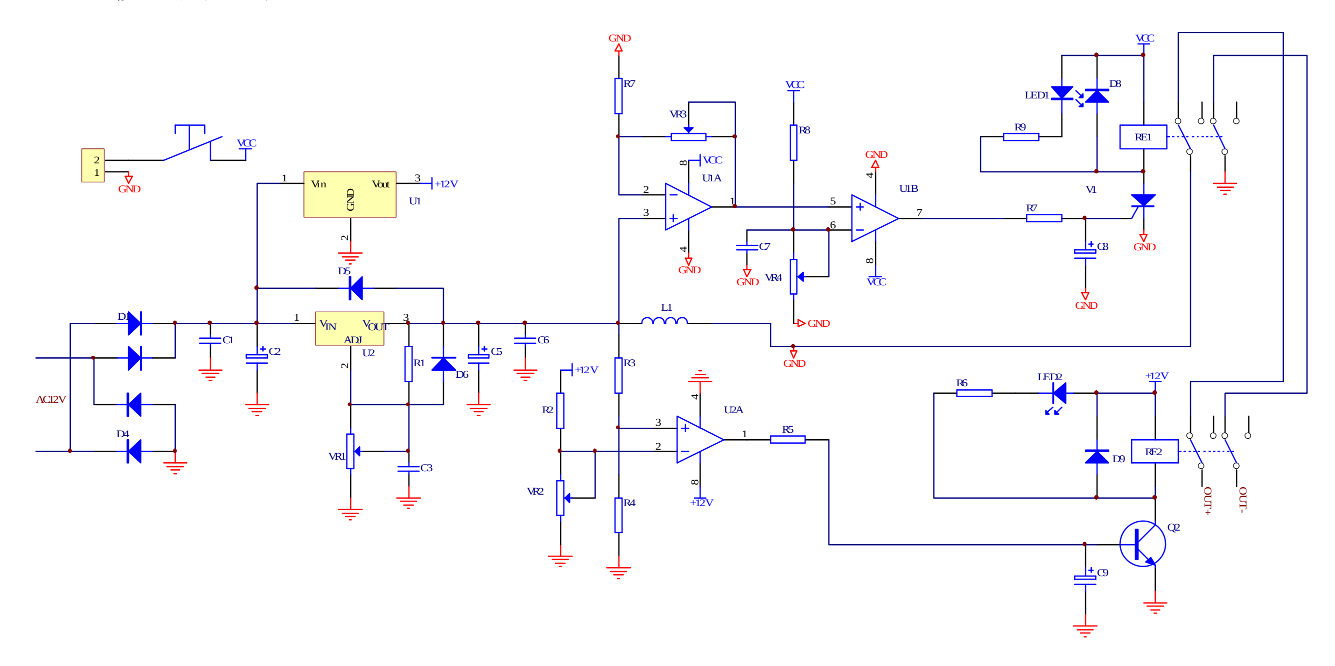
b. 用于：输出电压：24V、±12V、＋5V，可根据设计电路进行选择。

四、实训内容：

1. 实训模块：D35。
2. 实训步骤：输入端接入220VAC。
3. 实训现象：用万用表测量相应输出端电压与标识一致。

实训三十五 直流可调稳压电源模块

一、模块原理图：



二、模块概述：

a. 组成：LM317、LM7812、锰铜丝、运放LM358、三极管S9012、电位器、开关等组成。

b. 用于：输出直流0-12VDC可调,过压保护可调，过流保护可调，短路保护。

c. 控制要求：VR1调节输出电压高低，VR2调节过压值，VR3、VR4调节过流值。

三、实训内容：

a. 实训器材：D43、万用表、负载。

b. 实训步骤：

1. 将实训模块置入实训箱内部；
2. 接电源线：将实训箱+12V、GND（辅助电源），实训屏12VAC接入实训模块；
3. 检查电源线是否正确，正确后接通实训箱上12V电源开关与实训屏12VAC

开关。调节VR1，用万用表测量端子LM317+,LM317-输出电压；

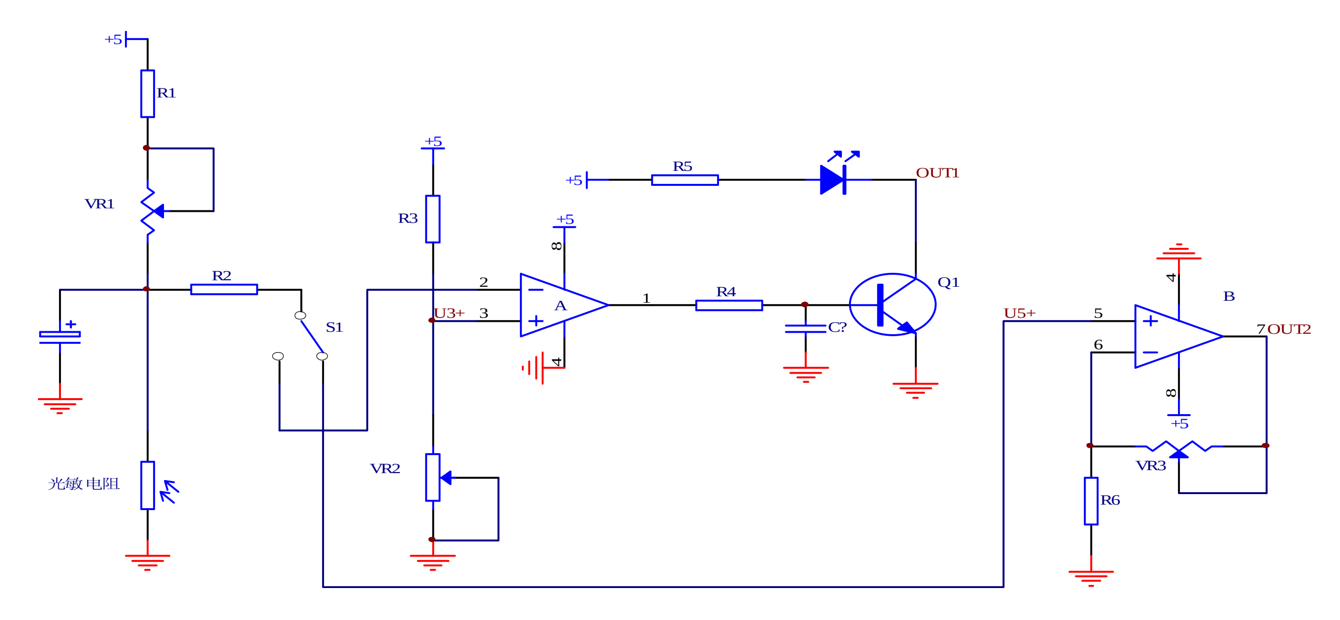
4. 过流测试：调节VR4使端子U6-电压最大,调节逆时针旋转VR3使端子U5+电压最小 ，将负载接入OUT+、OUT-并用万用表测量电流，调节负载阻值设置过流值（300mA以内）。适当调节VR4降低U6-电压，缓慢调节VR3使∪5+电压刚好接近等于U6-，且LED1指示灯点亮，输出断开，即为过流保护设置完成，，如果解除故障，按下AN0开关，电路恢复保护功能。注意：恢复保护时，如果实际电流值与设置的过流值接近时须将负载断开，同时按下开关AN0，特别注意测量电压时地为“GND” ；

5. 短路测试：先依据上述4将过流值设置完成，使用导线将OUT+、OUT-端接，输出LED1点亮，输出断开；

6. 过压测试：调节电位器VR1,即设置过压值（测量电压LM317+、LM317-），测量端子U3+电压，调节VR2,使输出U2接近等于U3+时，且LED2点亮，过压保护设置完成。注意测量电压时地为端子“LM317-”。

实训三十六 光敏传感器模块

一、模块原理图：



二、模块概述：

a. 主要组成：光敏传感器、运放LM358、三极管S9013、电位器、开关等组成。

b. 主要用于：光控制系统。

c. 控制要求：此模块由电压比较器，放大电路组成，OUT1输出开关信号LED指示，OUT2输出模拟信号，VR1调节灵敏度，VR2调节参考电压，VR3调节放大倍数。

三、实训内容：

a. 实训器材：D44、万用表。

b. 实训步骤：

1. 将实训模块置入实训箱内部，将传感器位于光线明亮处。

2. 接电源线： 关闭实训箱5V电源，将实训箱+5V、GND接入实训模块。

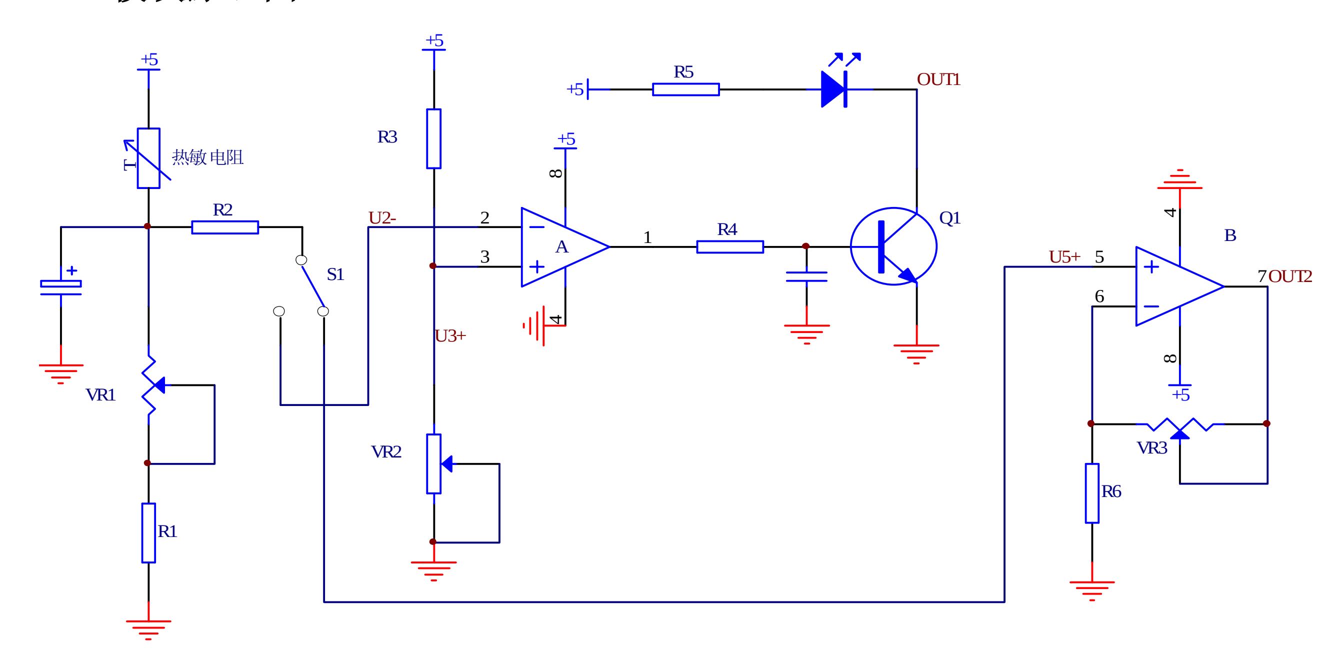
3. 检查电源线，是否正确，正确后接通实训箱5V电源。将开关拔于“比较”，位置，设置VR2参考点电压，用手遮挡传感器由高向下垂直移动，减少传感

器受光程度，观察指示灯亮灭。

4. 将开关拨于“放大” 位置，用手遮挡传感器由高向下垂直移动，使用万用表测量OUT2端口输出电压。

实训三十七 温度传感器模块

一、 模块原理图：



二、 模块概述：

a. 主要组成：热敏传感器、运放LM358、三极管S9013、电位器、开关等组成。

d. 主要用于：温控制系统。

e. 控制要求：同实训三十六。

三、 实训内容：

a. 实训器材：D45、万用表、烙铁。

b. 实训步骤：

1. 将实训模块置入实训箱内部。

2. 接电源线：关闭实训箱5V电源，将实训箱+5V、GND接入实训模块。

3. 检查电源线，是否正确，正确后接通实训箱5V电源。将开关拔于“比较”，位置，用烙铁作为加热源，调节烙铁距离传感器位置由远到近移动，观察指示灯亮灭，后将烙铁由近到远移动，观察指示灯亮灭。

4. 将开关拔于“放大” 位置，调节烙铁距离传感器位置，使用万用表测量OUT2

端口输出电压。

实训三十八 三点式LC振荡器及压控振荡器

一、实验目的

1. 掌握三点式 LC 振荡器的基本原理；

2. 掌握反馈系数对起振和波形的影响；

3. 掌握压控振荡器的工作原理；

4. 掌握三点式 LC 振荡器和压控振荡器的设计方法。

二、实验内容

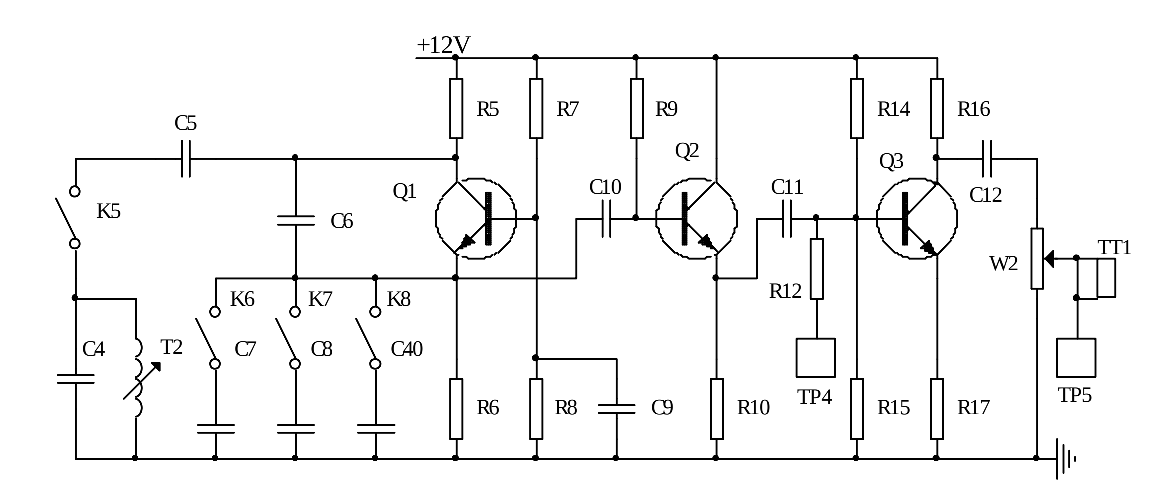
1. 测量振荡器的频率变化范围；

2. 观察反馈系数对起振和输出波形的影响。

三、实验原理

1. 三点式LC振荡器

三点式LC振荡器的实验原理图：

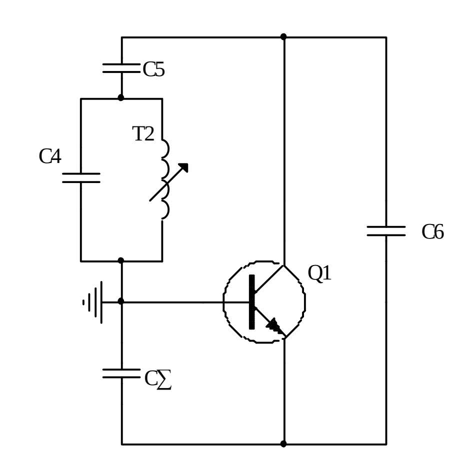


图中，T2为可调电感，Q1组成振荡器，Q2组成隔离器，Q3组成放大器。通过改变K6、K7、K8的拨动方向，可改变振荡器的反馈系数。设C7、C8、C40的组合电容为C_{Σ}，则振荡器的反馈系数F＝C6/ C_{Σ}。

反馈电路不仅把输出电压的一部分送回输入端产生振荡，而且把晶体管的输入电阻也反映到LC回路两端。F大，使等效负载电阻减小，放大倍数下降，

不易起振。另外，F的大小还影响波形的好坏，F过大会使振荡波形的非线性失真变得严重。通常F约在0.01～0.5之间。

同时，为减小晶体管输入输出电容对回路振荡频率的影响，C6和C_{Σ}取值要大。当振荡频率较高时，有时可不加C6和C_{Σ}，直接利用晶体管的输入输出电容构成振荡电容，使电路振荡。忽略三极管输入输出电容的影响，则三点式LC振荡器的交流等效电路图如图所示。



图中由于C6和C_{Σ}均比C5大的多，则回路总电容C_0可近似为：

$$C_0 = C_5 + C_4 \qquad （38－1）$$

则振荡器的频率f_0可近似为：

$$f_0 = \frac{1}{2p\sqrt{T_2 C_0}} = \frac{1}{2p\sqrt{T_2(C_5 + C_4)}} \qquad （38－2）$$

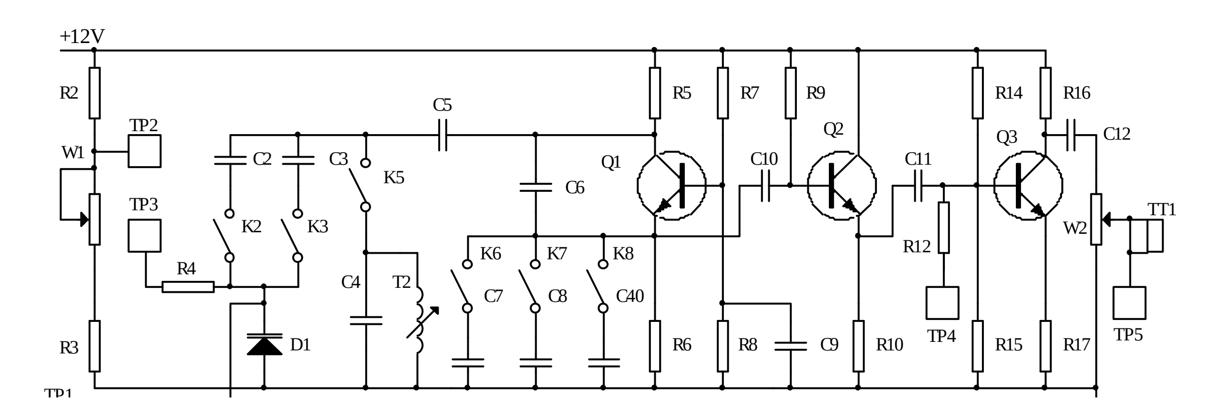
调节T2则振荡器的振荡频率变化，当T2变大时，f_0将变小，振荡回路的品质因素变小，振荡输出波形的非线性失真也变大。实际中C6和C_{Σ}也往往不是远远大于C5，且由于三极管输入输出电容的影响，在改变C_{Σ}，即改变反馈系数的时候，振荡器的频率也会变化。

本模块的实际实验电路在C11与Q3之间还有一级10.7MHz陶瓷滤波器电路，用来滤除石英晶体振荡器输出信号中的二次、三次谐波分量，以给其它模块提供载波信号。由于受到模块大小的限制，故没有在模块上画出这部分电路

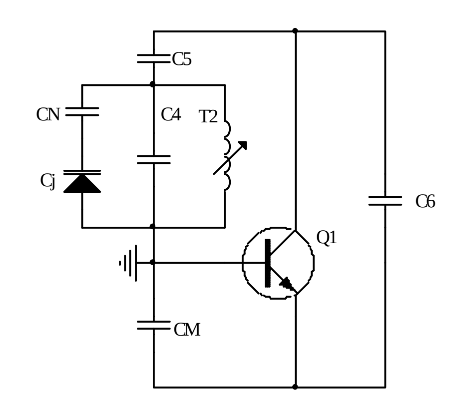
图。若LC振荡所产生信号的频率不在陶瓷滤波器的通带内，则在TP5处将不会有波形输出或输出信号幅度较小。若想利用LC振荡器所产生的信号来进行二次开发，则可在TP4处取信号。三点式LC振荡器实验电路只涉及到振荡器和隔离器部分。

2. 压控振荡器

压控振荡器的实验原理图：



Q1、Q2、Q3的作用与三点式LC振荡器相同，TP2和TP3是为自动频率控制实验二次开发留出的接口，在做压控振荡器实验的时候，连接TP2与TP3。R2、R3、W1为变容二极管D1提供直流反偏压V_D。C2、C3为变容二极管的接入电容，设C2、C3的组合电容为C_N，C7、C8、C40的组合电容为C_M，忽略三极管输入输出电容的影响，则压控振荡器的交流等效电路如图所示：



图中，由于C6和C_M均比C5大的多，则回路总电容C_0可近似为：

$$C_0 = C_5 + C_4 + \frac{C_N C_j}{C_N + C_j} \qquad (38-3)$$

则振荡器的频率f_0可近似为：

$$f_0 = \frac{1}{2p\sqrt{T_2 C_0}} \qquad (38-4)$$

由图38－3可得，变容二极管的接入系数P为：

$$P = \frac{C_N}{C_N + C_{jQ}} \qquad (38-5)$$

其中，C_{jQ}是直流反偏压为V_D时变容二极管的容量。调节W1，则V_D变化，C_{jQ}也变化。由式38－5可知，C_N越大，变容二极管的接入系数P也越大，单位直流反偏压变化所引起的频偏也越大。但为了减小高频电压对D1的作用和中心频率的漂移，常将C_N取的较小。

四、实验步骤

1. 三点式 LC 振荡器

（1）连接实验电路

在实训箱上正确插好正弦波振荡器模块，开关K1、K9、K10、K11、K12向左拨，K2、K3、K4、K7、K8向下拨，K5、K6向上拨。实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V。检查连线正确无误后，通电，K1向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯LED1亮。

（2）测量LC振荡器的频率变化范围

用示波器在 TP4 或 TP5 处观察输出信号的波形，调节 T2，记录输出信号频率 f_0 的变化范围，比较波形的非线性失真情况。

（3）观察反馈系数对输出信号的影响

用示波器在 TP4 观察反馈输出信号 V_o 的波形，调节 T2，使 V_o 的频率 f_1 为 10.7MHz 左右，改变反馈系数 F 的大小（通过选择 K6、K7、K8 的拨动方向来改变），观察 V_o 峰峰值 V_{op-p}、振荡器频率的变化情况。

2. 压控振荡器

（1）连接实验电路

在实训箱上正确插好正弦波振荡器模块，开关 K1、K9、K10、K11、K12 向左拨，K3、K4、K6、K8 向下拨，K2、K5、K7 向上拨。实训箱 GND 接模块 GND，＋12V 接模块＋12V。TP2 接 TP3。检查连线正确无误后，通电，K1 向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯 LED1 亮。

（2）观察直流反偏压、变容二极管接入电容对振荡器频率的影响。

①接入电容 C_N＝5pF

K2 向上拨、K3 向下拨，使变容二极管的接入电容 C_N＝5pF。用万用表测变容二极管 D1 阴极对地的直流电压 V_D（在 D1 上方的军品插座处测量），调节 W1，使 V_D 从小变大，均匀选取多个 V_D，并用示波器在 Q2 发射极测量输出信号的频率 f_0，完成表第一行和第二行。

②接入电容 C_N＝15pF

K2、K3 都向上拨，使变容二极管接入电容 C_N＝15pF。用万用表测变容二极管 D1 阴极对地的直流电压 V_D（在 D1 上方的军品插座处测量），调节 W1，使 V_D 从小变大，均匀选取多个 V_D，并用示波器在 Q2 发射极测量输出信号的频率 f_0，完成表第三行和第四行。

接入电容 C_N＝5pF	V_D（V）							
	f_0（MHz）							
接入电容 C_N＝15pF	V_D（V）							
	f_0（MHz）							

说明：由于万用表输出电容的影响，将万用表接在 D1 两侧和不接在 D1 两侧时，TP4 信号的频率会不一样，本步骤实验万用表在测量直流电压后应取下，再用示波器在 TP4 测信号频率。

实训三十九 石英晶体振荡器

一、实验目的

1. 掌握石英晶体振荡器的工作原理；

2. 掌握石英晶体振荡器的设计方法；

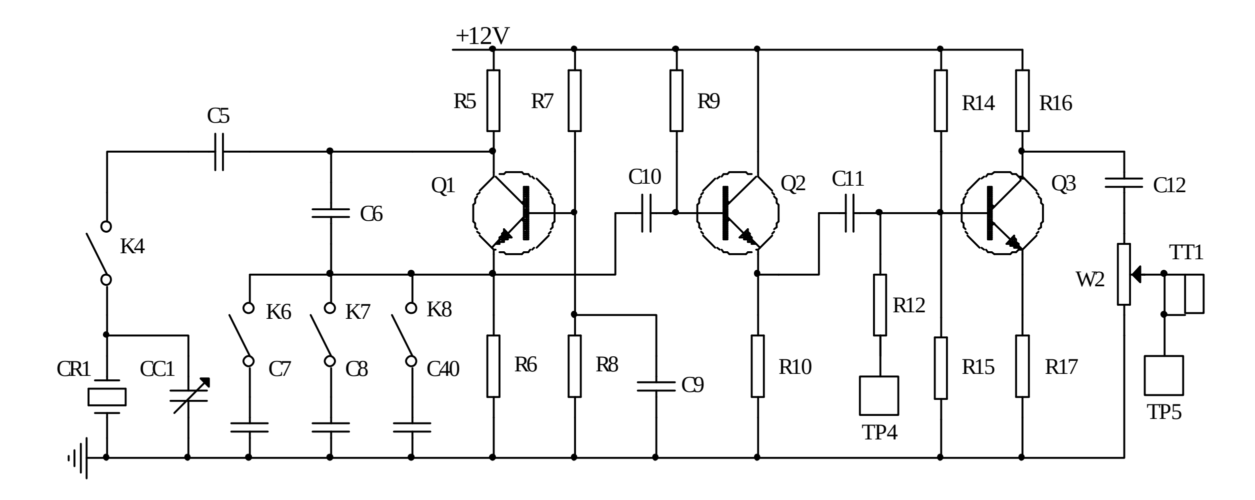
3. 掌握反馈系数对电路起振和波形的影响。

二、实验内容

观察反馈系数变化对输出波形的影响。

三、实验原理及电路

石英晶体振荡器的实验原理图：



Q1组成振荡器，Q2组成隔离器，Q3组成放大器。通过改变K6、K7、K8的拨动方向来改变振荡器的反馈系数。设C7、C8、C40的组合电容为C_{Σ}，则振荡器的反馈系数F＝C6/ C_{Σ}。

反馈电路不仅把输出电压的一部分送回输入端产生振荡，而且把晶体管的输入电阻也反映到LC回路两端，F大，使等效负载电阻减小，放大倍数下降，不易起振。另外，F的大小还影响波形的好坏，F过大会使振荡波形的非线性失真变得严重。通常F约在0.01～0.5之间。

同时，为减小晶体管输入输出电容对回路振荡频率的影响，C6和C_{Σ}取值要

大。当振荡频率较高时，有时可不加C6和$C_{\sum}$，直接利用晶体管的输入输出电容构成振荡电容，使电路振荡。

本实验产生的10.7MHz信号将作为混频器模块、幅度调制与解调模块的输入信号。实际实验电路在C11与Q3之间还加有一级10.7MHz陶瓷滤波器电路，用来滤除晶体振荡器输出信号中的二次、三次谐波分量，由于受到模块大小的限制，故没有在模块上画出这部分电路图。本实验电路只涉及到振荡器和隔离器部分。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好正弦波振荡器模块，开关K1、K9、K10、K11、K12向左拨，K2、K3、K5、K7、K8向下拨，K4、K6向上拨。实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V。检查连线正确无误后，通电，K1向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯LED1亮。

2. 观察输出波形

用示波器在 TP4 与 TP5 处观察输出信号的波形，记录信号的频率 f_0。改变反馈系数 F 的大小（通过选择 K6、K7、K8 的拨动方向来改变），观察 V_o峰峰值 V_{op-p}大小的变化情况及波形的非线性失真情况。

实训四十　RC振荡器

一、实验目的

1. 掌握文氏电桥振荡电路的原理；

2. 掌握文氏电桥振荡电路振荡频率的计算方法。

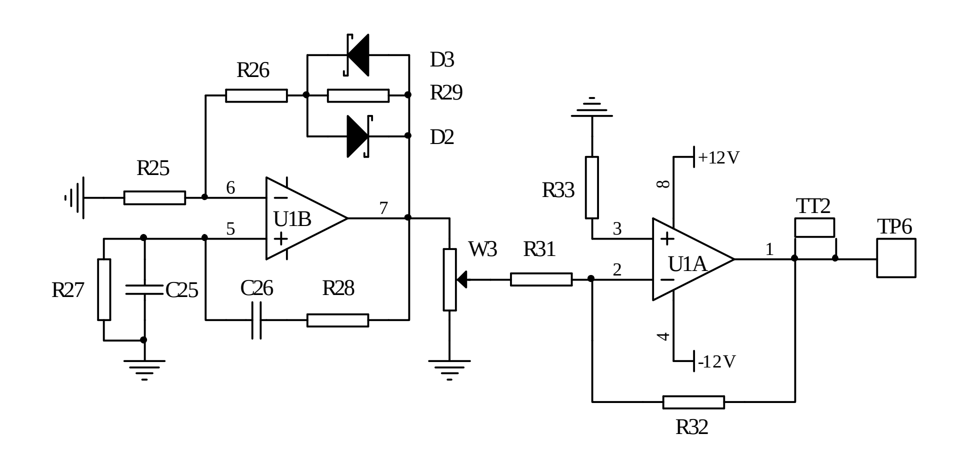
二、实验内容

1. 调试文氏电桥振荡电路；

2. 测量并记录振荡波形的相关参数。

三、实验原理

RC振荡器由放大器和RC网络组成，根据RC网络的不同，可将RC振荡器分为相移振荡器和文氏电桥振荡器两大类。其中，文氏电桥振荡器广泛用于产生几Hz到几百KHz频段范围的振荡器。下图为文氏电桥振荡器的实验原理图：



R27、C25、R28、C26组成RC选频网络同时兼作正反馈支路，R25、R26、R29、D3、D2构成负反馈及稳幅环节。

当R27= R28＝R，C25＝C26＝C时

电路的振荡频率为： $f_0 = \frac{1}{2pRC}$　　　　(40－1)

设二极管D2、D3的正向导通电阻为r_D，当R26＋（R29$\|$$r_D$）$= R_F$时，

电路起振的振幅条件为：$\frac{R_R}{R_{25}} > 2$ （40－2）

运放U1A组成放大器，振荡信号从TP6和TT2处输出，通过W3调节输出信号的幅度。由于D2、D3正向电阻非线性特性不可能完全一致，所以振荡波形会有正负半周不对称的失真。本实验产生的信号仅用于一般原理性验证实验，因此对输出波形的失真未做处理。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好正弦波振荡器模块，开关 K1、K9、K10、K11、K12 向左拨，实训箱 GND 接模块 GND，＋12V 接模块＋12V，主板－12V 接模块－12V。检查连线正确无误后，通电，K9、K10 向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯 LED2、LED3 亮。

2. 观察、测量振荡输出波形及其相关参数

用示波器在 TT2 处测量，调节电位器 W3，观察 TT2 处波形的幅度变化及失真情况，记录 TT2 处波形的最大峰峰 Vmp-p 及频率 f_0。

实训四十一　集成电路振荡器

一、实验目的

1. 熟悉由运放组成集成电路振荡器的原理；

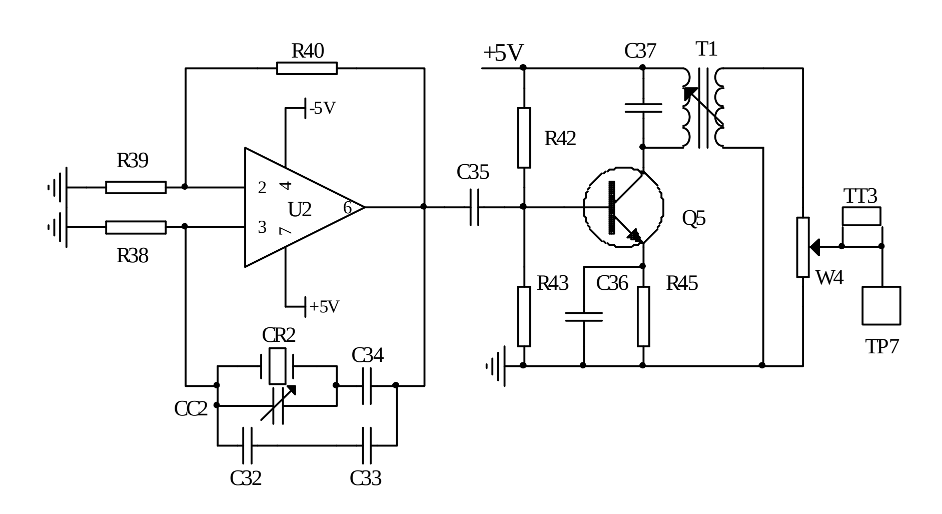
2. 熟悉由运放组成集成电路振荡器的设计方法。

二、实验内容

观察振荡波形并测量波形的相关参数。

三、实验原理及电路

用运算放大器和外接LC元件可组成三点式运放振荡器。三点式运放振荡器要求运放同相输入端与反相输入端、输出端之间是同性质电抗元件，运放反相输入端与输出端之间是异性质电抗元件。为满足振幅起振条件，集成运放的单位增益带宽BW至少应比振荡器频率f_0大1~2倍，为保证振荡器有足够高的频率稳定度，一般宜取BW≥（3～10）f_0。集成运放的最大输出电压幅度和负载特性也应满足要求。本实验的实验原理图：



四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好正弦波振荡器模块，开关 K1、K9、K10、K11、K12 向左拨，实训屏 GND 接模块 GND，模块±5V 由实训屏上 0～30VDC 可调电

源提供。检查连线正确无误后，通电，K11、K12 向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯 LED4、LED5 亮。

2. 观察、测量振荡输出波形及其相关参数

（1）用示波器在TT3处测量，适当调节CC2， TT3处有波形输出。

（2）将电位器W4调节在某一位置（注意不要将W4拧到两个最底端），调节T1使TT3处波形最大不失真。

（3）调节W4，用示波器观察TT3处波形幅度的变化情况。若波形不稳定，可能是振荡器与后级调谐放大器不匹配或W4拧到了最底端，可通过调节T1或W4改善。若波形上下不对称，则调节T1来改善。

实训四十二　二极管环形混频

一、实验目的

1. 掌握二极管环形混频器的工作原理；

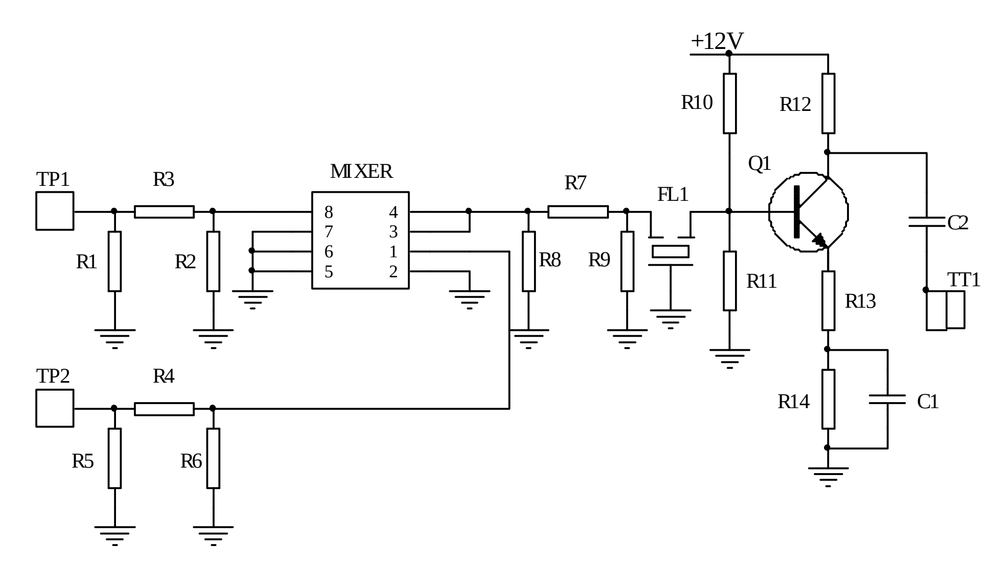
2. 了解二极管环形混频器组合频率的测试方法。

二、实验内容

观察中频信号。

三、实验原理

二极管环形混频器实验原理图：



图中，MIXER 内集成了 4 个二极管，组成二极管环形混频电路。本振信号和射频信号分别从 TP1 和 TP2 输入，R1、R2、R3、R4、R5、R6 组成的p形网络，用来隔离本振信号、射频信号和中频信号之间的相互干扰。FL1 为 455KHz 陶瓷滤波器，用来选取所需的中频信号。Q1 组成放大器，用来放大中频信号。C2 为隔直电容，经放大的中频信号可在 TT1 处观测。

实验所用到的混频器模块上共有 4 个混频电路，它们共用 1 个中频放大电路（由 Q1 组成），通过改变开关 K5、K7 的拨动方向，可选择由哪路混频电路的输出进入中放。开关 K7 向上拨（K5 向左向右拨均可）时，选择二极管环形

混频电路的输出进入中放。

混频器模块的射频信号（10.7MHz）和本振信号（10.245MHz），分别由正弦波振荡器模块的石英晶体振荡器和集成电路振荡器提供。

四、实验步骤

1. 产生射频信号和本振信号

在实训箱上正确插好正弦波振荡器模块，用石英晶体振荡器产生10.7MHz的射频信号，用集成电路振荡器产生10.245MHz的本振信号。操作步骤如下：

（1）K9、K10、K11、K12向左拨，K2、K3、K5、K7、K8向下拨，K4、K6向上拨。实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V，模块±5V由实训屏上0～30VDC可调电源提供。检查连线正确无误后，通电K11、K12向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯LED1、LED4、LED5亮。

（2）射频信号（10.7MHz）从TP5处输出，调节W2可改变射频信号的幅度。

（3）本振信号（10.245MHz）从TP7处输出，调节W4可改变本振信号的幅度，调节CC2使本振信号频率为10.245MHz。若TP7处无信号输出，则调节CC2使电路起振；若TP7处信号波形上下不对称，则调节T1来改善；若无论怎样调节W4，TP7处信号的最大峰峰值仍达不到1.5V，则调节T1来改善。

2. 连接二极管混频实验电路

在实训箱上正确插好混频器模块，该模块开关K2、K3、K4向左拨， K7向上拨（K5向左向右拨均可）。实训箱GND接该模块GND，＋12V接该模块＋12V。检查连线正确无误后，通电。

3. 输入本振信号和射频信号

（1）调节正弦波振荡器模块的W2，使该模块TP5处10.7MHz信号的峰峰值为1V左右。连接该模块TP5与混频器模块的TP2。

（2）调节正弦波振荡器模块的W4，使该模块TP7处10.245MHz信号的峰峰值为1.7V左右。连接该模块的TP7与混频器模块的TP1。

4. 观察中频信号

用示波器在混频器模块的TT1处观察，验证中频信号的频率是否为10.7MHz－10.245MHz＝455KHz。

说明1：本实验使用了两个模块，测量信号时，示波器探头的接地线应接在该信号所在的模块上，以使观察到的波形更好。

说明2：当10.245MHz本振信号和10.7MHz射频信号都接入到混频器时，由于本振信号、射频信号和中频信号之间并不是完全隔离的，所以，这三路信号之间可通过电路中的元器件、公共电源和地等相互影响。这种影响表现为混频器输入端本振信号和射频信号的抖动，可通过适当调节本振信号和射频信号的幅度来改善。

实训四十三　三极管混频

一、实验目的

1. 掌握三极管混频器的工作原理；

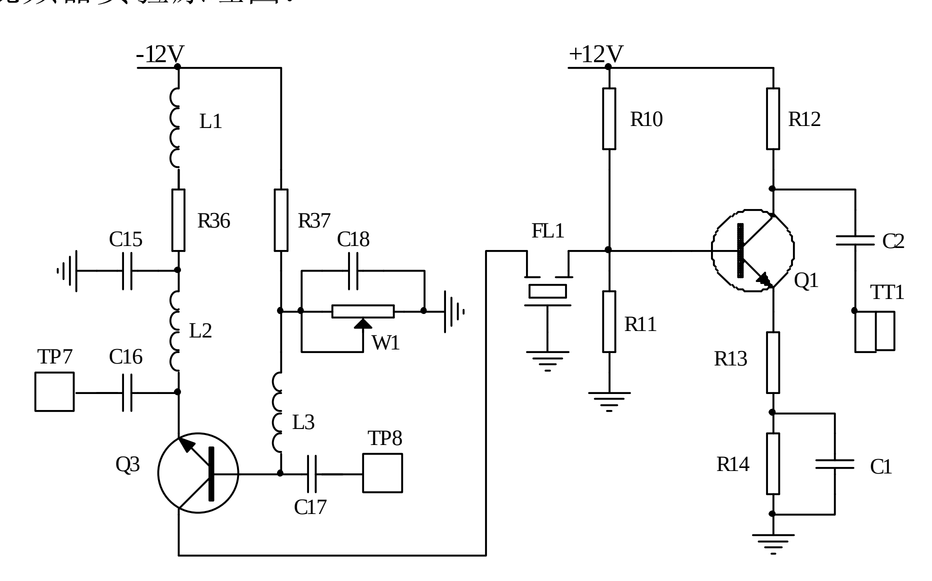
2. 了解混频器组合频率的测试方法。

二、实验内容

观察中频信号。

三、实验原理

三极管混频器实验原理图：



本振信号和射频信号分别从 TP8 和 TP7 输入，混频器的输出经过 455KHz 的陶瓷滤波器 FL1 滤除其它组合频率，再经过中放（由 Q1 组成）放大后输出，可在 TT1 处观察输出信号。

混频器模块上共有 3 个混频电路，它们共用 1 个中频放大电路（由 Q1 组成），通过改变开关 K5、K7 的拨动方向，可选择由哪路混频电路的输出进入中放。开关 K7 向下拨、K5 向右拨时，选择三极管混频电路的输出进入中放。

三极管混频器的主要优点是增益较高，但是较之二极管环形混频器，三极管混频器的组合频率较多，干扰严重且噪声较大。

四、实验步骤

1. 产生射频信号和本振信号

在实训箱上正确插好正弦波振荡器模块，用石英晶体振荡器产生10.7MHz的射频信号，用集成电路振荡器产生10.245MHz的本振信号。操作步骤如下：

（1）K9、K10、K11、K12向左拨，K2、K3、K5、K7、K8向下拨，K4、K6向上拨。实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V，模块±5V由实训屏上0～30VDC可调电源提供。检查连线正确无误后，通电， K11、K12向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯LED1、LED4、LED5亮。

（2）射频信号（10.7MHz）从TP5处输出，调节W2可改变射频信号的幅度。

（3）本振信号（10.245MHz）从TP7处输出，调节W4可改变本振信号的幅度，调节CC2使本振信号频率为10.245MHz。若TP7处无信号输出，则调节CC2使电路起振；若TP7处信号波形上下不对称，则调节T1来改善；若无论怎样调节W4，TP7处信号的最大峰峰值仍达不到1.5V，则调节T1来改善。

2. 连接三极管混频实验电路

在实训箱上正确插好混频器模块，该模块开关K2、K3、K4向左拨，K7向下拨，K5向右拨。实训箱GND接该模块GND，＋12V接该模块＋12V，－12V接该模块－12V。检查连线正确无误后，通电。K4向右拨，若正确连接，则模块上的电源指示灯LED4亮。

3. 输入本振信号和射频信号

（1）调节正弦波振荡器模块的W2，使该模块TP5处10.7MHz信号的峰峰值为2V左右。连接正弦波振荡器模块的TP5与混频器模块的TP7。

（2）调节正弦波振荡器模块的W4，使该模块TP7处10.245MHz信号的峰峰值为2V左右。连接正弦波振荡器模块的TP7与混频器模块的TP8。

4. 观察中频信号

用示波器在混频器模块的TT1处观察中频信号的频率是否为10.7MHz－10.245MHz＝455KHz。调节混频器模块的W1使TT1处波形最大不失真。

说明1：本实验使用了两个模块，测量信号时，示波器探头的接地线应接在该信号所在的模块上，以便使观察到的波形更好。

说明2：由于三极管Q3极间PN结的存在，当三极管混频器的-12V电源不打开时，三极管混频器则成为二极管混频器。因此，即使－12V电源不打开，也能在TT1处观察到455KHz的中频信号。

说明3：当10.245MHz本振信号和10.7MHz射频信号都接入到混频器时，由于本振信号、射频信号和中频信号之间并不是完全隔离的，所以，这三路信号之间可通过电路中的元器件、公共电源和地等相互影响。这种影响表现为混频器输入端本振信号和射频信号的抖动，可通过适当调节本振信号和射频信号的幅度来改善。

实训四十四　乘法器混频

一、实验目的

1. 掌握乘法器混频的工作原理；

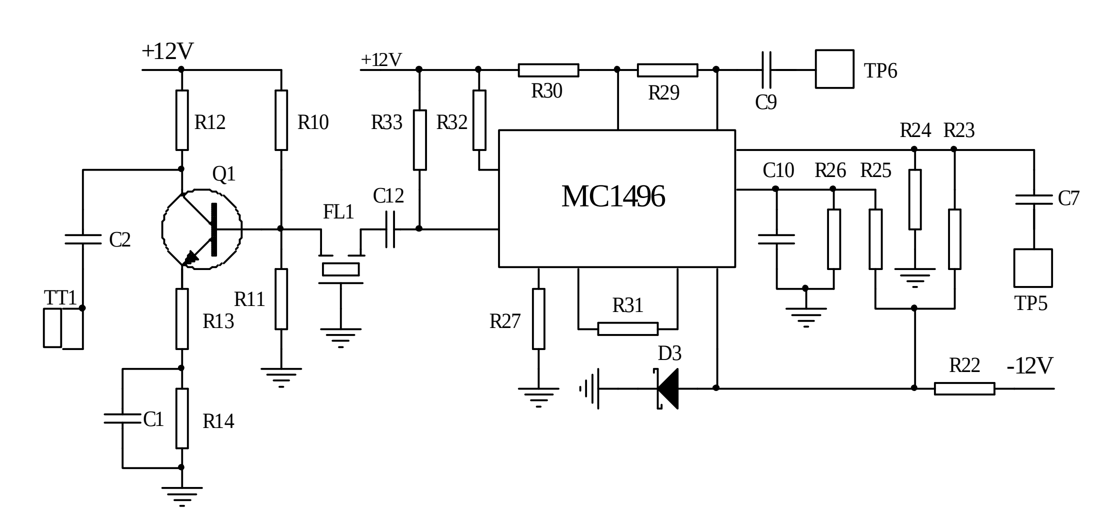
2. 了解混频器组合频率的测试方法。

二、实验内容

观察中频信号。

三、实验原理

乘法器混频实验的原理图:



本振信号和射频信号分别从 TP5 和 TP6 输入，混频器的输出经过 455KHz 的陶瓷滤波器 FL1 滤除其它组合频率，再经过中放（由 Q1 组成）放大后输出，可在 TT1 处观察输出信号。

混频器模块上共有 4 个混频电路，它们共用 1 个中频放大电路（由 Q1 等组成），通过改变开关 K5、K7 的拨动方向，可选择由哪路混频电路的输出进入中放。开关 K7 向下拨、K5 向左拨时，选择乘法器混频电路的输出进入中放。

四、实验步骤

1. 产生射频信号和本振信号

在实训箱上正确插好正弦波振荡器模块，用石英晶体振荡器产生10.7MHz

的射频信号，用集成电路振荡器产生10.245MHz的本振信号。操作步骤如下：

（1）K9、K10、K11、K12向左拨，K2、K3、K5、K7、K8向下拨，K4、K6向上拨。实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V，模块±5V由实训屏上0～30VDC可调电源提供。检查连线正确无误后，通电， K11、K12向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯LED1、LED4、LED5亮。

（2）射频信号（10.7MHz）从TP5处输出，调节W2可改变射频信号的幅度。

（3）本振信号（10.245MHz）从TP7处输出，调节W4可改变本振信号的幅度，调节CC2使本振信号频率为10.245MHz。若TP7处无信号输出，则调节CC2使电路起振；若TP7处信号波形上下不对称，则调节T1来改善；若无论怎样调节W4，TP7处信号的最大峰峰值仍达不到1.5V，则调节T1来改善。

2. 连接混频实验电路

在实训箱上正确插好混频器模块，该模块开关K2、K3、K4向左拨，K7向下拨、K5向左拨。实训箱GND接该模块GND，＋12V接该模块＋12V，－12V接该模块－12V。检查连线正确无误后，通电。K2、K3向右拨。若正确连接，则该模块上的电源指示灯LED2、LED3亮。

3. 输入本振信号和射频信号

（1）调节正弦波振荡器模块的W2，使该模块TP5处10.7MHz信号的峰峰值为350mV左右。连接正弦波振荡器模块的TP5与混频器模块的TP6。

（2）调节正弦波振荡器模块的W4，使该模块TP7处10.245MHz信号的峰峰值为500mV左右。连接正弦波振荡器模块的TP7与混频器模块的TP5。

4. 观察中频信号

用示波器在混频器模块的TT1处观察中频信号的频率是否为10.7MHz－10.245MHz＝455KHz。

说明1：本实验使用了两个模块，测量信号时，示波器探头的接地线应接在该信号所在的模块上，以便使观察到的波形更好。

说明2：当10.245MHz本振信号和10.7MHz射频信号都接入到混频器时，由于本振信号、射频信号和中频信号之间并不是完全隔离的，所以，这三路信号之间可通过电路中的元器件、公共电源和地等相互影响。这种影响表现为混频器输入端本振信号和射频信号的抖动，可通过适当调节本振信号和射频信号的幅度来改善。

实训四十五　模拟乘法器调幅（AM、DSB）

一、实验目的

1. 掌握 AM、DSB 调制的原理与性质；

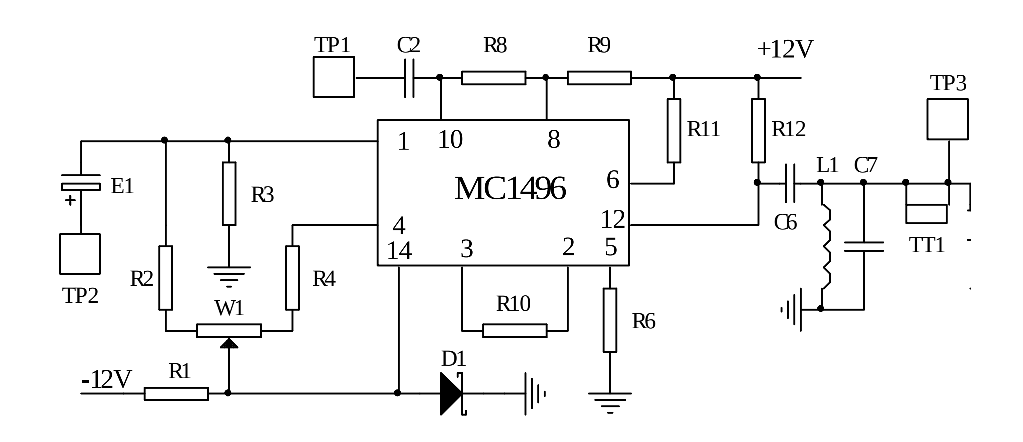
2. 掌握模拟乘法器的工作原理及其调整方法。

二、实验内容

产生并观察 AM、DSB 的波形；

三、实验原理

实验原理图如图：



调制信号从TP2输入，载波从TP1输入。合理设置调制信号与载波信号的幅度以及乘法器的静态偏置电压（调节W1），可在TT1处观察普通调幅波（AM）和抑制载波双边带调幅波（DSB）。在进行调制与检波实验时，调制信号的频率选择为1KHz左右，载波信号的频率选择为10.7MHz。

本实验所产生的普通调幅波和抑制载波双边带调幅波，是同步检波和小信号检波的输入信号。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好幅度调制与解调模块，开关K1、K2、K8、K9、K10、

K11向左拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V，－12V接模块－12V，检查连线正确无误后，通电，K1、K2向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯LED1、LED2亮。

2. 产生并观察AM波和DSB波

（1）输入调制信号V_Ω

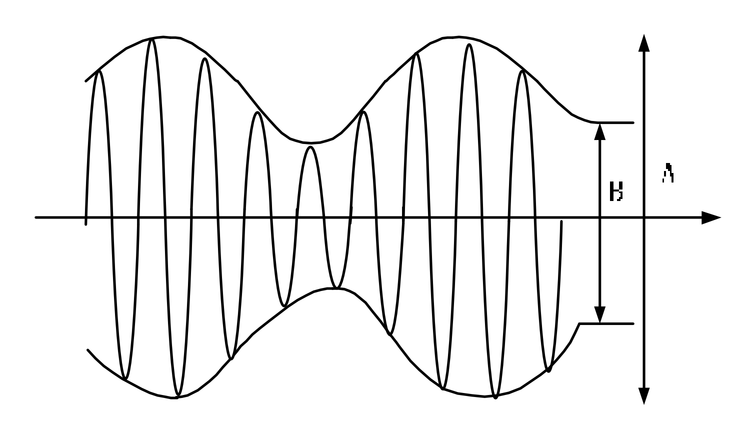
本步骤的调制信号可由正弦波振荡器模块的RC振荡器提供。由RC振荡器产生1.2KHz左右的正弦波调制信号V_Ω，调节正弦波振荡器模块的W3，使V_Ω的峰峰值$V_{\Omega p\text{-}p}$约为700mV。连接正弦波振荡器模块的TP6和幅度调制与解调模块的TP2。

（2）输入载波信号V_i

本步骤载波信号由正弦波振荡器模块提供。产生 10.7MHz 的载波信号。将此信号输入到幅度调制与解调模块的 TP1。调节载波信号的幅度，使 TP1 处信号的峰峰值约为 500mV。

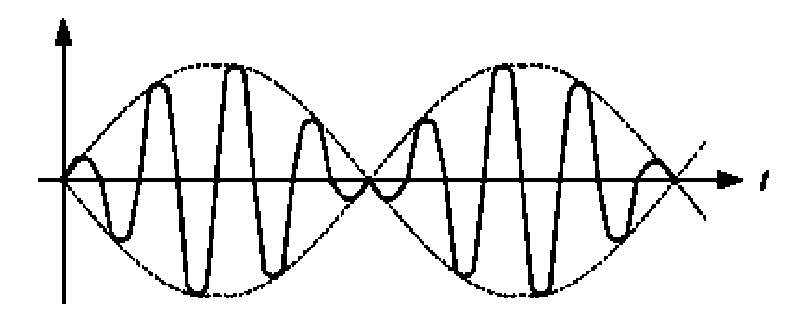
（3）产生并观察AM波、DSB波

①用示波器在幅度调制与解调模块的TT1处观察，适当调节幅度调制与解调模块的W1，使TT1处出现如图所示的波形，即产生AM波。



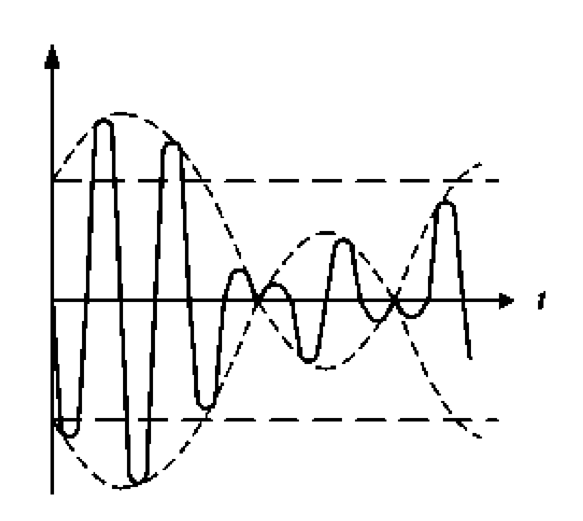
普通调幅波（AM波）

②用示波器在幅度调制与解调模块的TT1处观察，适当调节幅度调制与解调模块的W1，使TT1出现如图所示的波形，即产生DSB波。



抑制载波双边带调幅波（DSB波）

③用示波器在幅度调制与解调模块的TT1处观察，适当调节幅度调制与解调模块的W1或增大调制信号的幅度，使TT1出现如图所示的波形，即产生过调幅波形。



过调幅的波形

说明2：观察AM波和DSB波波形时，若使用数字示波器，请选择存储空间足够大的数字示波器。

实训四十六　同步检波

一、实验目的

1. 掌握同步检波的原理；

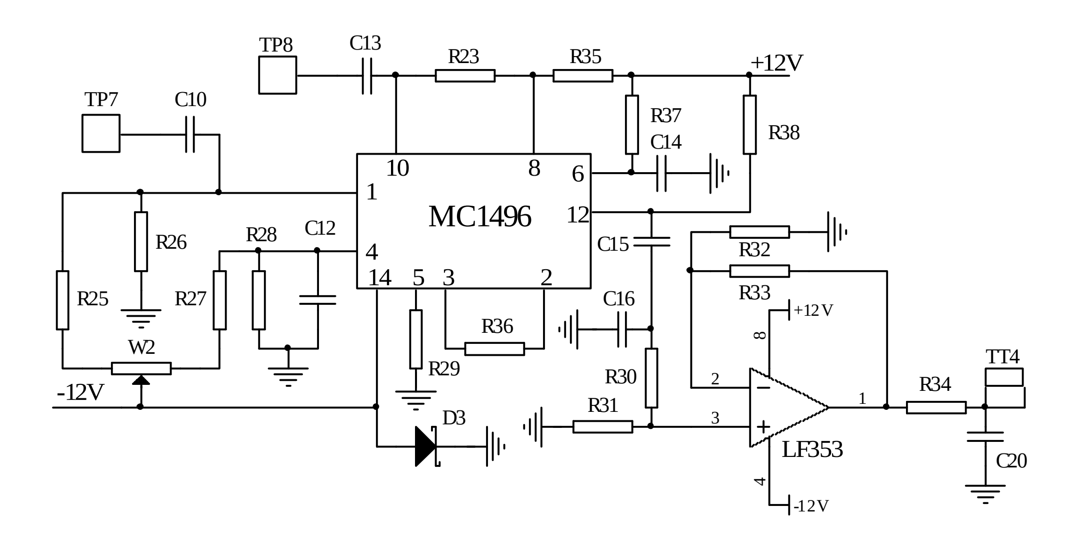
2. 掌握用模拟乘法器实现同步检波的方法。

二、实验内容

完成普通调幅波和抑制载波双边带调幅波的解调。

三、实验原理

实验原理图：



同步载波信号从TP7输入，调幅波从TP8输入，解调信号从TT4输出。运放LF353对解调信号进行放大，R34和C20组成低通滤波器，改善解调输出信号的失真。

本实验所使用的调幅波由实训四十五提供，调制信号频率1KHz左右，载波信号频率为10.7MHz。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好幅度调制与解调模块，开关K1、K2、K8、K9、K10、

K11向左拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V，－12V接模块－12V，检查连线正确无误后，通电，K1、K2、K8、K9向右拨。若正确连接则模块上的电源指示灯LED1、LED2、LED3、LED4亮。

2. 产生普通调幅波和抑制载波双边带调幅波

参考实训四十五，产生普通调幅波和抑制载波双边带调幅波。调制信号峰峰值约500mV，频率约1KHz。载波信号峰峰值约400mV，频率10.7MHz。

3. 普通调幅波和抑制载波双边带调幅波的解调

连接幅度调制与解调模块的TP3与TP8，连接幅度调制与解调模块的TP1与TP7，用示波器在TT4处观察，调节W2，使TT4处波形最大不失真，画出TT4处信号的波形，观察TT4信号的频率是否与调制信号频率相同。

实训四十七　小信号检波

一、实验目的

1. 掌握小信号检波的原理；

2. 熟悉用二极管实现检波的方法。

二、实验内容

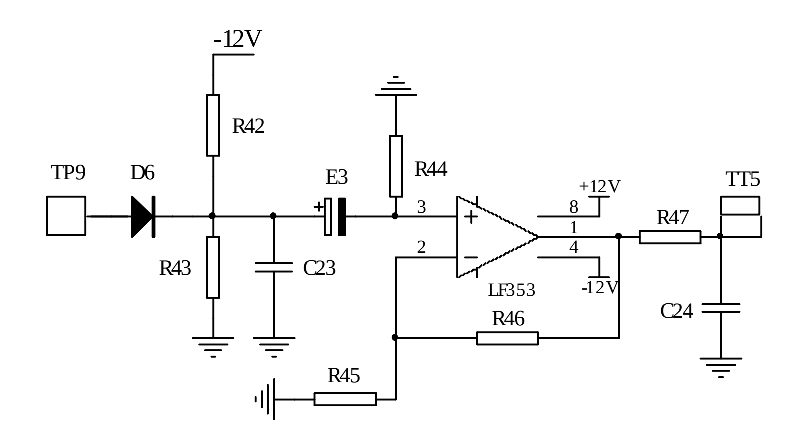
1. 产生普通调幅波和抑制载波双边带调幅波；

2. 用二极管小信号检波器对调幅波进行检波。

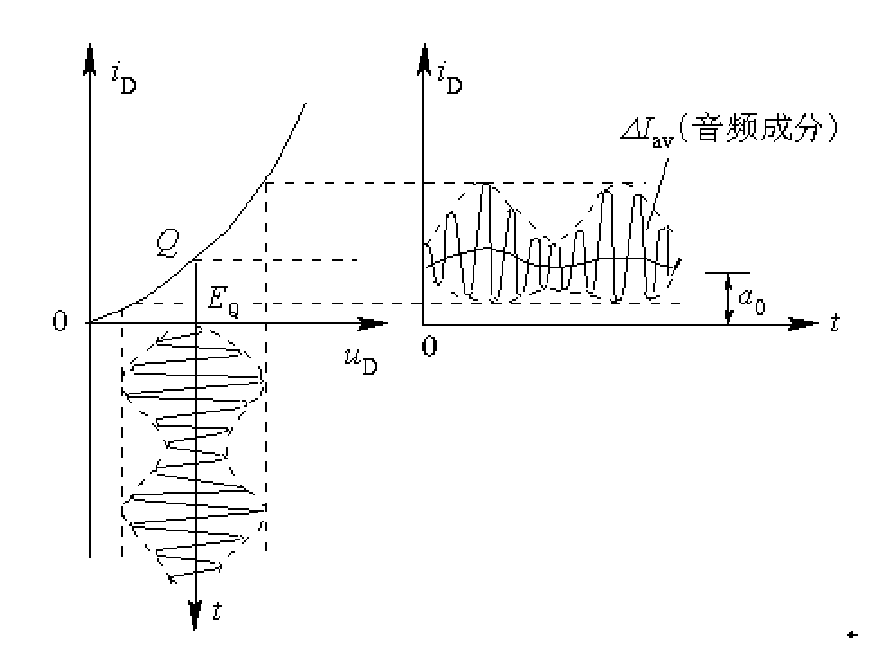
三、实验原理

小信号检波是利用器件特性曲线在静态工作点处的幂级数展开式中含有输入信号平方项的原理实现的。

小信号检波实验原理图：



R42和R43为二级管D6提供静态偏置电压，使二极管静态工作点在其特性曲线的弯曲部分，如下图所示：



C23为高频旁路电容，E3为音频耦合电容。由于二极管输入特性曲线的非线性，调幅波在正负半周所引起的电流变化是不同的，正半周电流上升的多而负半周电流下降的少，这就使对称电压的调幅波转变成不对称的电流。如果取载波电流周期平均值，并绘出曲线，就可看出电流中还含有直流和低频成分。其中，高频成分被C23旁路，故在R43上高频电压很小，主要是低频和直流电压。低频成分就是检出的调制信号，它通过E3隔直流输出。运放（LF353）组成放大器，对检波输出的微弱信号进行放大。

设调制信号的频率为Ω，由于检波输出的低频成分中还含有频率为2Ω、3Ω等成分，因此，小信号平方律检波的非线性失真非常严重，故在电路中又加了一级RC低通滤波器（由R47和C24组成），用来改善检波器的非线性失真。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好幅度调制与解调模块，开关K1、K2、K8、K9、K10、K11向左拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V，－12V接模块－12V。检查连线正确无误后，通电。开关K1、K2、K10、K11向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯LED1、LED2、LED5、LED6亮。

2. 产生调幅波

参考实训四十五，用乘法器产生普通调幅波或抑制载波双边带调幅波，操作步骤如下：

（1）TP2处输入频率约1KHz，峰峰值约600mV的正弦波调制信号。

（2）TP1处输入频率为10.7MHz，峰峰值约800mV的正弦波载波信号。

（3）用示波器在TT1处观察，适当调节调制信号的幅度及幅度调制与解调模块的W1，使TT1处的调幅波为普通调幅波（调幅系数小于100％）。

3. 小信号检波

连接TP3与TP9，用示波器在TT5处观察检波输出信号，适当调节调制信号的幅度，使TT5处的波形最大且非线性失真最小。

逐渐增大调制信号的幅度，观察TT5处波形的非线性失真程度变化情况。

实训四十八　直接调频

一、实验目的

1. 掌握直接调频的原理；

2. 掌握直接调频电路的设计方法。

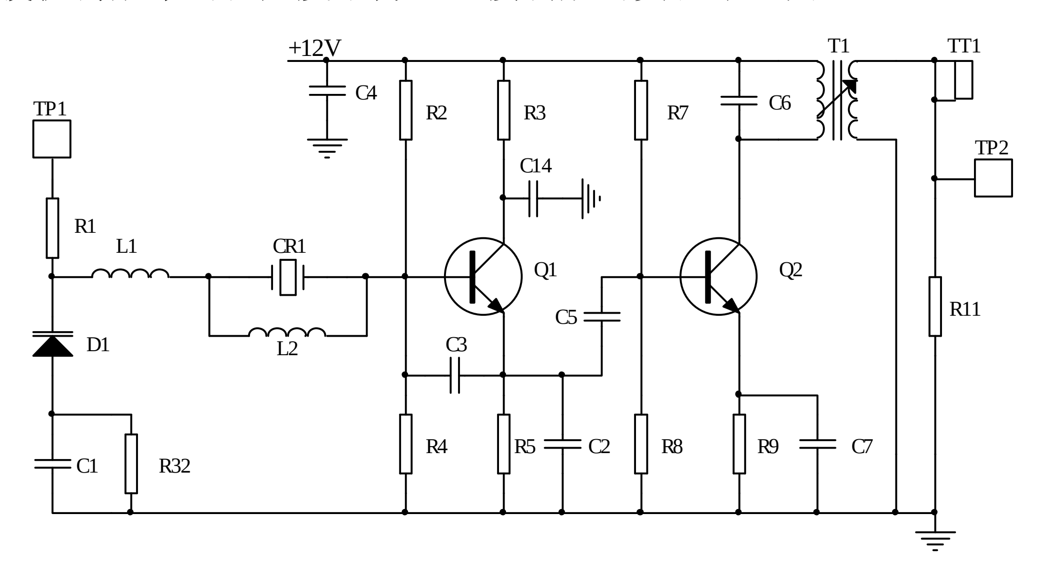
二、实验内容

1. 观察调频波的正弦带；

2. 观察调制信号幅度对调频波频偏的影响。

三、实验原理

在某些实际情况下，为了满足中心频率稳定度较高的要求，有时采用石英晶体振荡器直接调频电路。但由于晶体的串联谐振频率和并联谐振频率靠的很近，因而调频的频偏很小。为了扩大频偏，可在石英晶体支路中串联电感线圈，但同时使振荡频率的稳定度下降。直接调频的实验原理图：



四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好角度调制模块，开关K1、K2、K3向左拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V。检查连线正确无误后通电，K1向右拨，若

正确连接则模块上的电源指示灯LED1亮。

2. 观察振荡器输出

用示波器在TT1处观察，调节T1使TT1处信号最大不失真，记录振荡输出信号的频率f_0和最大峰峰值Vop-p，填下表：

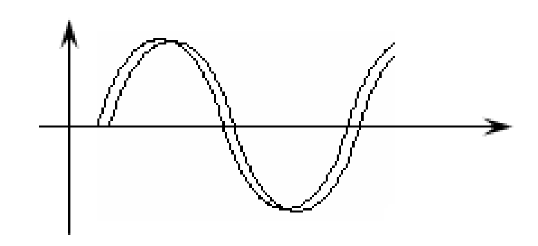
f_0（MHz）	V_{op-p}（V）

3. 输入调制信号V_{Ω}

调制信号V_{Ω}由正弦波振荡器模块的RC振荡电路提供。由RC振荡电路产生频率为1.2KHz左右的正弦波调制信号V_{Ω}，调节正弦波振荡器模块的W3，使调制信号V_{Ω}的峰峰值$V_{\Omega p\text{-}p}$约为3V。连接正弦波振荡器模块的TP6与角度调制模块的TP1。

4. 观察调频波

用模拟示波器在TT1处观察，可看到如图所示的正弦带：



5. 观察调制信号幅度对正弦带宽度的影响（即调制信号幅度对频偏的影响）

逐渐增大调制信号的幅度，观察正弦带宽度的变化情况。

实训四十九　锁相环调频

一、实验目的

1. 掌握锁相调频的原理；

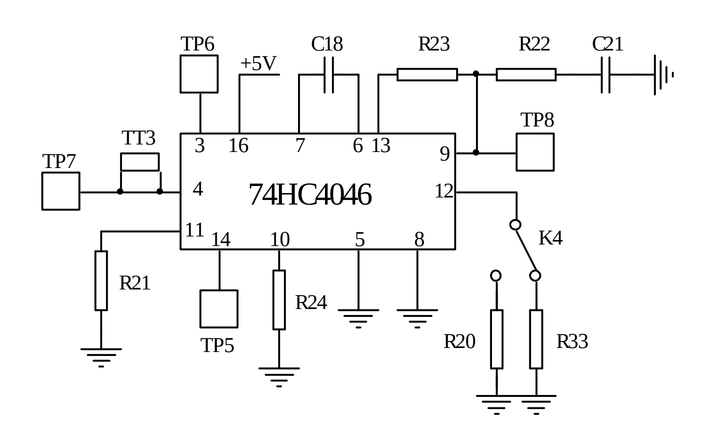
2. 掌握锁相调频电路的设计方法。

二、实验内容

1. 观察调频波。

三、实验原理

在普通的直接调频电路中，振荡器的中心频率稳定度较差，而采用晶体振荡器的调频电路，其调频范围又太窄。采用锁相环调频可以解决这个矛盾。实现锁相调频的条件是调制信号的频谱要处于低通滤波器的通带之外。使压控振荡器的中心频率锁定在稳定度很高的晶振频率上，而随着输入调制信号的变化，振荡频率可以发生很大频偏。锁相调频的实验原理图：



调制信号从TP8输入，外部载波信号从TP5输入，调制信号从TP7输出。锁相环内部VCO的频率受C18、R21和第12脚外接电阻的影响。设第12脚外接电阻阻值为R_{Σ}，则VCO的振荡频率f为：

$$f=\frac{2(\frac{V_C-1}{R_{21}}+\frac{4}{R_{\Sigma}})}{2pC_{18}} \qquad (49-1)$$

其中，$V_C=V_{dd}/2$，V_{dd}为74HC4046的供电电压，本电路为5V。R_{Σ}越大，单

位调制信号电压所引起的频偏也越大。本实验电路，C18=5600pF，R21=10KΩ，R20=100KΩ，R33=10KΩ。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好角度调制模块，开关K1、K2、K3向左拨，实训屏GND接模块GND，模块＋5V由实训屏上0～30VDC可调电源提供。检查连线正确无误后通电，K3向右拨，若正确连接，则模块上的电源指示灯LED3亮。

2. 观察调频波

连接TP6与TP7，K4向左拨。

（1）TP8处输入调制信号：频率约1.2KHz，峰峰值5V的正弦波信号，由正弦波振荡器模块的RC振荡电路提供。

（2）TP5处输入外置载波信号：频率为40KHz，峰峰值7V的正弦波或方波，由外置信号源提供，要求频率稳定很度高。通常TP5处不输入信号。

（3）用示波器在TT3处观察调频波，调节调制信号的幅度，观察调频波疏密程度的变化情况。

说明：用数字示波器观察调频波时，用运行/停止键捕获合适的疏密波来观察。

实训五十　集成电路调频

一、实验目的

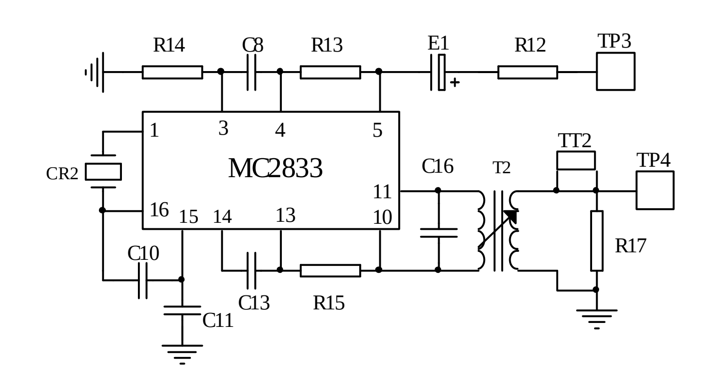
了解集成调频电路的设计方法。

二、实验内容

观察调频波的正弦带。

三、实验原理

本实验运用的芯片是Motorola公司的窄带单片调频电路MC2833，它由可变电抗和高频振荡组成的调频振荡器、缓冲加两级放大器组成的功率放大器、对音频信号进行放大的微音放大器以及电压基准四部分组成。本实验的原理图：



CR2为10.7MHz晶振，T2为中周，且T2和C16组成选频网络。调制信号从TP3输入，调频波从TP4输出。

MC2833组成调频电路的基本原理是：调制信号经过耦合电容送给可变电抗的输入端（第5脚）去控制可变电抗。而由受调制信号控制的可变电抗与高频振荡器组成调频振荡电路，产生的调频波经缓冲送给功率放大器，再经中周耦合到负载R17上。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好角度调制模块，开关K1、K2、K3向左拨，实训箱GND

接模块GND，＋5V接模块＋5V。检查连线正确无误后通电，K2向右拨，若正确连接，则模块上的电源指示灯LED2亮。

2. 观察芯片内部振荡器输出

用示波器在TT2处观察，调节T2，使TT2处信号最大不失真。记录此信号的频率f_0和最大峰峰值V_{mp-p}，填下表：

f_0（MHz）		V_{mp-p}（V）	

3. 输入调制信号

调制信号为正弦波信号，由正弦波振荡器模块的RC振荡电路提供。由RC振荡电路产生频率约1.2KHz，峰峰值2V的正弦波信号，连接正弦波振荡器模块的TP6与角度调制模块的TP3。

说明：由于MC2833为窄带调频集成电路，因此它所产生的调频波频偏很小，因而正弦带很窄，肉眼观察不出来，可以通过其它仪器来观察。

实训五十一　锁相环鉴频

一、实验目的

1. 掌握锁相环鉴频的原理；

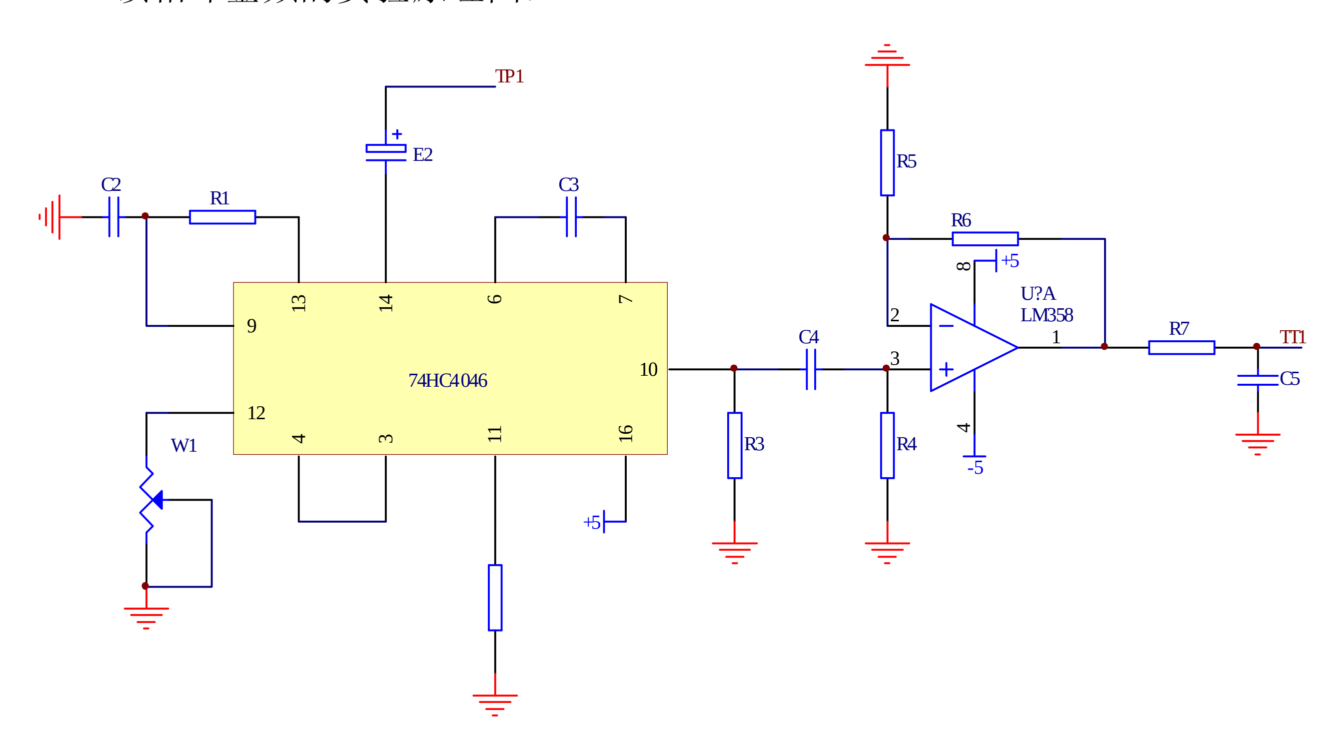
2. 熟悉锁相环鉴频电路的设计方法。

二、实验内容

观察鉴频器的输出波形。

三、实验原理

锁相环鉴频的实验原理图：



调频波从TP1输入，解调信号从TT1输出，电位器W1用来调节锁相环环路滤波器的截止频率。相对于大频偏的输入调频波来说，环路滤波器的频带不能设计的足够宽，因此锁相环内部的压控振荡器不能完全跟随输入信号的频率而变化，从而导致解调信号失真严重。

本实验的输入信号由角度调制模块的锁相环调频电路提供。要求调频电路频偏不要太大，若调频电路没有频率稳定度高的外部载波信号，则可不用接外

部载波，否则稳定度低的外部载波会影响解调信号的稳定度。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好角度解调模块，开关K1、K2、K6、K7、K9、K10、K11向左拨，实训屏GND接模块GND，模块±5V由实训屏上0～30VDC可调电源提供。检查连线正确无误后，通电，K1、K2向右拨，若正确连接，则模块上的电源指示灯LED1、LED2亮。

2. 产生锁相环调频波

参考实验四十九，用锁相环调频电路产生调频波，操作步骤如下：

①在实训箱上正确插好角度调制模块，开关K1、K2、K3向左拨，实训箱GND接模块GND，＋5V接模块＋5V。检查连线正确无误后通电，K3向右拨，若正确连接，则模块上的电源指示灯LED3亮。

②TP6接TP7，K4向右拨，TP8处输入频率约1.2KHz，峰峰值为2V的正弦波调制信号（由正弦波振荡器模块的RC振荡电路提供）。

③TP5处悬空。

3. 输入调频波

连接角度调制模块的TP7与角度解调模块的TP1。

4. 观察解调信号

用示波器在角度解调模块的TT1处观察，调节W1，并适当调节调制信号的幅度，使TT1处信号最大不失真。记录TT1处信号的频率f_0和峰峰值V_{op-p}，填表：

f_0（KHz）	V_{op-p}（V）

说明：当锁相环调频电路的调制信号由正弦波振荡器模块的RC振荡电路提供时，由于RC振荡电路中二极管D2、D3的非线性电阻不可能绝对相同，因此

振荡输出信号有一定的非线性失真（波形上下不对称）。而在解调电路中，由于加入了环路滤波器以及相关滤波网络，从而使解调输出的信号非线性失真大大减小（波形上下基本对称）。

实训五十二　乘法器鉴频

一、实验目的

1. 熟悉乘法器鉴频的原理；

2. 熟悉乘法器鉴频电路的设计方法。

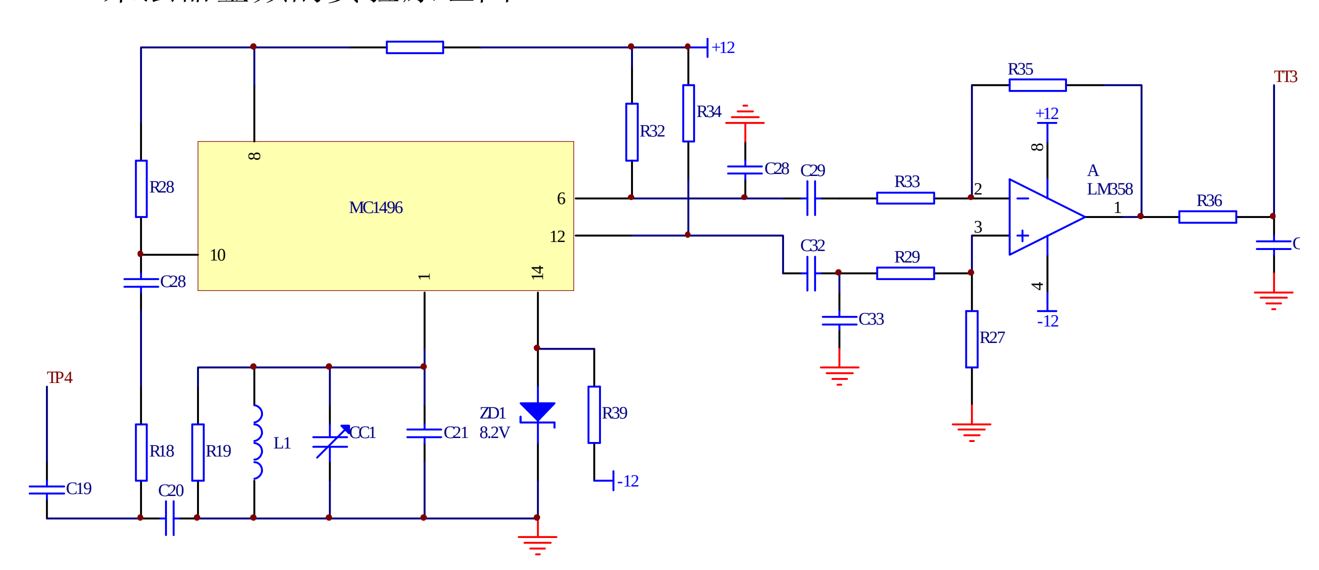
二、实验内容

1. 产生调频波；

2. 观察鉴频器的输出波形。

三、实验原理

乘法器鉴频的实验原理图：



调频波从TP4处输入，解调信号从TT3处输出。L1、C21、CC1、R19组成移相网络，将调频波转换为调频调相波送入到乘法器的第1脚，此调频调相波与乘法器第10脚的信号相乘，再经过低通滤波器滤出所需的低频调制信号即可。

由于移相网络的相频特性在调频波的频率变化范围内并不是完全线性的，因此鉴频器的鉴频频带宽度会受到影响。同时，由于受到器件参数的影响，移相网络相频特性曲线的斜率不大，即单位频率变化所引起的相位变化不大，从而使鉴频器鉴频曲线的斜率也不大。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好角度解调模块，开关K1、K2、K6、K7、K9、K10、K11向左拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V，－12V接模块－12V。检查连线正确无误后，通电，K6、K7向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯LED5、LED6亮。

2. 产生调频波

本实验调频波由角度调制模块的晶体振荡器直接调频电路提供（调频波还可以由集成调频电路提供，感兴趣的读者可以试试），参考实训四十八，产生调频波，操作步骤如下：

（1）在实训箱上正确插好角度调制模块，开关K1、K2、K3、K5向左拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V。检查连线正确无误后，通电，K1向右拨，若正确连接，则模块上的电源指示灯LED1亮。

（2）TP1处输入频率约1KHz，峰峰值约为3V的正弦波调制信号。此信号由正弦波振荡器模块的RC振荡电路提供。

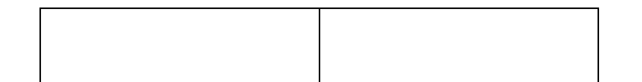
（3）用示波器在该模块TT1处测量，调节该模块T1，使TT1处信号幅度最大。

（4）连接该模块TP2与角度解调模块的TP4。

3. 观察鉴频器的输出波形

用示波器在角度解调模块的TT3处观察，调节角度解调模块的CC1，并适当调节调制信号的幅度，使TT3处信号最大不失真。记录TT3处信号的频率f_0和峰峰值V_{op-p}，填下表：

f_0（KHz）	V_{op-p}（V）



说明：当调频电路的调制信号由正弦波振荡器模块的RC振荡电路提供时，由于RC振荡电路中二极管D2、D3的非线性电阻不可能绝对相同，因此调制信号有一定的非线性失真（波形上下不对称）。而在解调电路中，由于加入了滤波电路，从而使解调输出信号的非线性失真大大减小（波形上下基本对称）。

实训五十三　斜率鉴频器

一、实验目的

1. 掌握斜率鉴频器的工作原理；

2. 熟悉斜率鉴频器电路的设计方法。

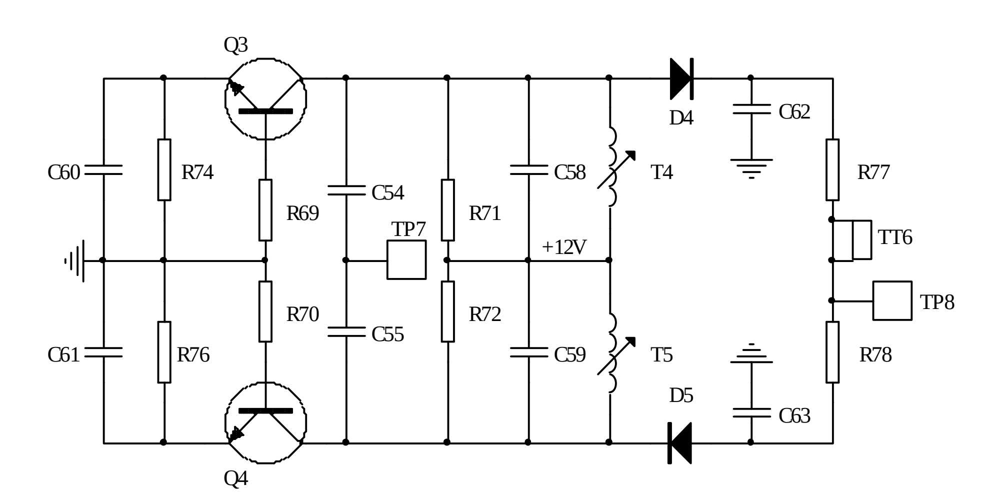
二、实验内容

1. 产生调频波；

2. 观察鉴频器的输出波形。

三、实验原理

斜率鉴频器的实验原理图：



调频波从TP7处输入，解调信号从TT6处和TP8处输出。本实验的调频波由角度调制模块的石英晶体直接调频电路提供。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好角度解调模块，开关K1、K2、K6、K7、K9、K10、K11向左拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V。检查连线正确无误后，通电，K11向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯LED10亮。

2. 产生调频波

本实验调频波由角度调制模块的晶体振荡器直接调频电路提供，参考实训四十八，产生调频波，操作步骤如下：

（1）在实训箱上正确插好角度调制模块，开关K1、K2、K3向左拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V。检查连线正确无误后，通电，K1向右拨，若正确连接，则模块上的电源指示灯LED1亮。

（2）TP1处输入频率约1.2KHz，峰峰值为5V的正弦波调制信号。此信号由正弦波振荡器模块的RC振荡电路提供。

（3）用示波器在改模块TT1处测量，调节模块T1，使TT1处信号幅度最大。

（4）连接该模块TP2与角度解调模块的TP7。

3. 观察鉴频器的输出

用模拟示波器在角度解调模块的TT6处观察，调节该模块中周T4、T5，适当调节调制信号的幅度，使TT6处信号最大不失真。记录TT6处信号的频率f_0和最大峰峰值V_{mp-p}，填下表：

f_0（KHz）	V_{mp-p}（V）

说明：本实验使用了多个模块，在用示波器观察信号时，示波器探头的接地线应与信号所在模块的地相接。

实训五十四　直接数字式频率合成（DDS）

一、实验目的

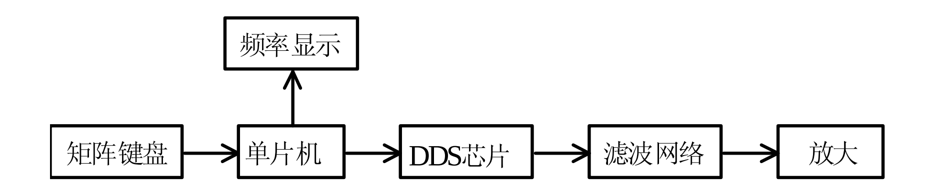
了解 DDS 频率合成的基本原理和实现方法。

二、实验内容

观察频率合成器的输出信号。

三、实验原理

直接数字式频率合成器是近年来发展非常迅速的一种器件，它采用全数字技术，具有分辨率高、频率转换时间短、相位噪声低等特点。本实验的实验原理框图：



图中，矩阵键盘和单片机一起控制DDS芯片的输出频率，频率显示部分用于显示DDS芯片输出的频率。滤波网络用于对DDS芯片输出信号中的谐波成分进行滤波。放大电路对输出波形进行幅度放大，其增益可调。

本实验使用频率合成器模块，该模块上共有5个数码管LED4～LED8，用于显示输出信号频率。模块上还有 6个按键。功能简介如下：

（1）Type：用于选择本模块的工作方式，开机默认为DDS模式，按一次Type键，工作模式为AFC；按两次Type键，工作模式为PLL；按三次Type键，工作模式为AGC。 在AGC模式的基础上，按一次Type键则又回到DDS模式。

（2）Shift：用于移动当前修改位，开机后第一次按动Shift键，则当前修改位为LED8所指示的位且该位闪烁显示。每按动一次此键，则当前修改位向左移动一位且闪烁显示。

（3）Up、Down：用于修改当前修改位的值，每按动一次Up键，则当前修改位数字加一。每按动一次Down键，则当前修改位数字减一。在PLL模式时Down键不起减一的作用。

（4）Enter：用于确定操作。

（5）Reset：用于复位单片机。

实验时，请规范操作，切忌乱按键盘。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好频率合成器模块，开关 K1、K2 向左拨。实训屏 GND 接模块 GND，模块±5V 由实训屏上 0～30VDC 可调电源提供。检查连线正确无误后，通电，K1、K2 向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯 LED1、LED2 亮。

2. 进入DDS模式

用示波器在TT4处观察，所测信号为正弦波，频率为1KHz。数码管LED4～LED8显示01000（表示1KHz）。调节W2，使TT4处信号的峰峰值约为3V。

3. 改变键盘的输入，观察输出信号

（1）按一下Shift键，则当前修改位为数码管LED8所显示的位，该位闪烁显示。再按动3次Shift键，则当前修改位为LED5所显示的位，该位闪烁显示。

（2）按动UP键，则LED5的数值加1，连续按动UP键，只至该位数值为5为止。

（3）按一下Enter键，确定操作，则LED5停止闪烁。

（4）用示波器在TT4处观察，记录所测信号的频率。

（5）根据各按键的功能，正确按动按键，使TT4处输出20KHz，峰峰值约

1V的信号。

实训五十五　数字锁相环路法频率合成器（PLL）

一、实验目的

掌握锁相环频率合成的原理及实现方法。

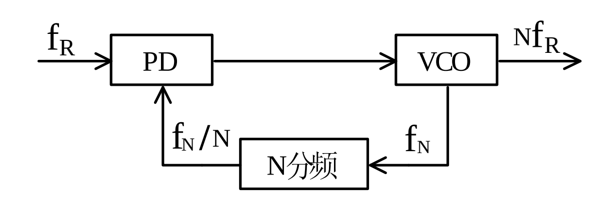
二、实验内容

1. 观察锁相环VCO输出信号与分频信号的关系；

2. 观察锁相环VCO输出信号与参考输入信号的关系。

三、实验原理

数字锁相环路法频率合成的原理是：应用数字逻辑电路把VCO频率一次或多次降低至鉴相器频率上，再与参考频率在鉴相电路中进行比较，所产生的误差信号用来控制VCO的频率，使之锁定在参考频率的稳定度上。本实验的实验原理框图：



图中，f_R为参考信号频率，f_N为VCO输出频率，N分频器输出信号频率为f_N/N，经过环路的控制，使f_N/N锁定在参考频率f_R 的稳定度上，即$f_N/N＝f_R$。则环路最终输出信号的频率$f_N＝N\ f_R$，改变分频数N，环路输出信号的频率也相应改变。本实验分频数N＝1～5。实验时应注意，参考频率应满足锁相环同步带的要求。

本实验使用频率合成器模块，该模块上共有5个数码管LED4～LED8，用于显示输出信号频率或工作模式等。模块上还有 6个按键。功能简介如下：

（1）Type：用于选择本模块的工作方式，开机默认为DDS模式，按一次Type键，工作模式为AFC；按两次Type键，工作模式为PLL；按三次Type键，

工作模式为AGC。 在AGC模式的基础上，按一次Type键则又回到DDS模式。

（2）Shift：用于移动当前修改位，开机后第一次按动Shift键，则当前修改位为LED8所指示的位且该位闪烁显示。每按动一次此键，则当前修改位向左移动一位且闪烁显示。

（3）Up、Down：用于修改当前修改位的值，每按动一次Up键，则当前修改位数字加一。每按动一次Down键，则当前修改位数字减一。在PLL模式时Down键不起减一的作用。

（4）Enter：用于确定操作。

（5）Reset：用于复位单片机。

实验时，请规范操作，切忌乱按键盘。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好频率合成器模块，开关 K1、K2 向左拨。实训屏 GND 接模块 GND，模块±5V 由实训屏上 0～30VDC 可调电源提供。检查连线正确无误后通电，K1、K2 向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯 LED1、LED2 亮。

2. 设置参考频率并输出参考信号

1～5倍频实验时，参考信号频率为15KHz，由DDS产生。请参考实训五十四，在DDS模式下，通过Shift、Up、Down、Enter键，使频率合成器模块的TT4处输出15KHz的信号，调节W2使TT4处信号峰峰值最大。

说明1：当运放的放大倍数过大时，TT4处信号可能平顶或平底，属于正常现象。

3. 输入参考信号

TP4接TP1，即输入参考信号，f_R＝15KHz。此时TT4处信号的下半部分被截止（因为前级运放电路为双电源供电，后级锁相环电路为单电源供电）。

4. 设置分频数

在DDS（15KHz输出信号）模式下，按两下Type键，则模块的工作模式为PLL模式，数码管LED6显示3（表示模块工作在第三种模式，即PLL模式）。

5. 观察环路输出信号的频率

（1）按动Up键，则LED8显示1（表示分频数N＝1），LED6显示的3消失。

（2）用示波器在TT3处观察，调节W1，使TT3处信号的频率f_N与TT1处信号的频率f_R相同且波形稳定。

（3）按一下Up键，使LED8显示2，用示波器分别在TT3和TT2处测量，设TT2处信号频率为f_1。记录各数据，填下表。

（4）按动Up键，使LED8分别显示3、4、5，在三种情况下分别测量TT3和TT2处信号的频率f_N与f_1，填表：

f_R＝15KHz	分频数N	N=2	N=3	N=4	N=5
	f_N（KHz）				
	f_1（KHz）				

说明2：若参考频率为15KHz时，5倍频不能达到75KHz，则在5倍频时，适当降低参考频率。如以10KHz为参考频率进行5倍频。若1倍频时，TT3处信号频率始终大于15KHz，则适当增加参考频率。如以20KHz为参考频率进行1倍频。即1～5倍频可分段进行。

实训五十六 自动增益控制（AGC）

一、实验目的

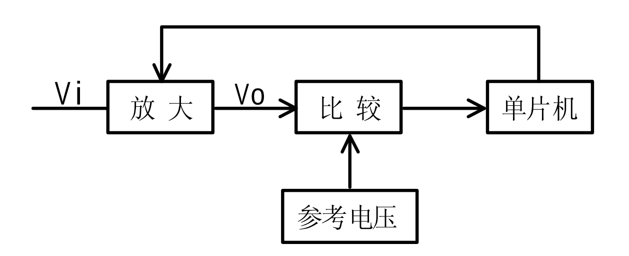
熟悉 AGC 工作原理及实现方法。

二、实验内容

验证 AGC 的功能。

三、实验原理

自动增益控制电路的作用是，当输入信号电压变化很大时，保持输出电压几乎不变。本实验的原理框图：



Vi为输入信号，经过放大电路后输出信号为Vo。比较器将Vo和参考电压进行比较，当Vo大于参考电压时，比较器输出高电平；当Vo小于参考电压时，比较器输出低电平。

单片机识别比较器的输出信号并根据此信号控制放大器的增益。若比较器的输出为低电平，即Vo小于参考电压时，单片机不对放大的增益进行改变。若比较器的输出为高电平，即Vo大于参考电压时，单片机产生控制信号，此控制信号使放大电路的增益逐渐减小，从而使Vo逐渐稳定在某一电压上（**由于放大器的增益不是连续可调的，这个电压值不一定是参考电压**）。

本实验使用频率合成器模块，该模块上共有5个数码管LED4～LED8，用于显示输出信号频率或工作模式等。模块上还有 6个按键。功能简介如下：

（1）Type：用于选择本模块的工作方式，开机默认为DDS模式，按一次Type键，工作模式为AFC；按两次Type键，工作模式为PLL；按三次Type键，

工作模式为AGC。 在AGC模式的基础上，按一次Type键则又回到DDS模式。

（2）Shift：用于移动当前修改位，开机后第一次按动Shift键，则当前修改位为LED8所指示的位且该位闪烁显示。每按动一次此键，则当前修改位向左移动一位且闪烁显示。

（3）Up、Down：用于修改当前修改位的值，每按动一次Up键，则当前修改位数字加一。每按动一次Down键，则当前修改位数字减一。在PLL模式时Down键不起减一的作用。

（4）Enter：用于确定操作。

（5）Reset：用于复位单片机。

实验时，请规范操作，切忌乱按键盘。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好频率合成器模块，开关 K1、K2 向左拨。实训屏 GND 接模块 GND，模块±5V 由实训屏上 0～30VDC 可调电源提供。检查连线正确无误后通电，K1、K2 向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯 LED1、LED2、LED3 亮。

2. 产生输入信号

参考实训五十四，在 DDS 模式下，使 TT4 处输出 1KHz 的信号，调节 W2 使 TT5 处信号的峰峰值约为 3V。

3. 设置参考电压

用万用表（直流电压档）测 Vref（军品插座）与地之间的电压，调节可调电阻 W3，使此直流电压约为 0.5V。

4. 进入 AGC 模式

在 DDS 模式下，按 3 下 Type 键后再按 1 下 Enter，则进入 AGC 模式，LED6 显示 4。

5. 观察环路控制过程

迅速用示波器在 TT5 处观察，观察此处信号的变化情况，观察 LED3 的亮灭情况。

说明：若要在此次AGC实验完成之后再进行一次AGC实验，请按复位键后再操作步骤2、3、4、5。

实训五十七　自动频率控制（AFC）

一、实验目的

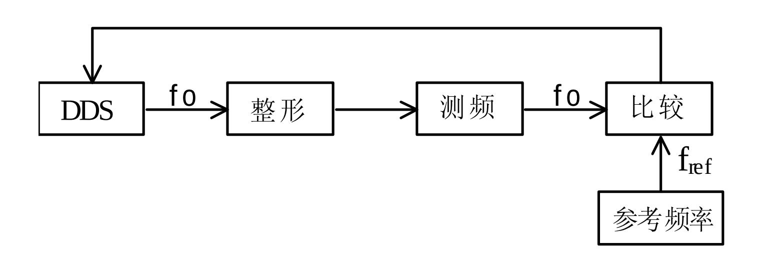
熟悉自动频率控制的原理及实现方法。

二、实验内容

验证自动频率控制电路的功能。

三、实验原理

自动频率控制电路的作用是：利用误差信号的反馈作用来控制信号发生器的频率，使信号发生器的输出频率稳定。本实验的原理框图：



图中，由DDS产生频率为f_o的正弦波信号，经过整形电路后变为频率为fo的方波信号。测频和比较都是由单片机完成的，单片机对整形后的方波信号进行测频得到f_o，并将f_o和参考频率f_{ref}进行比较，单片机根据比较结果产生相应的控制信号，此控制信号对DDS电路产生影响。

若$f_o＝f_{ref}$，则比较器输出不影响DDS的振荡频率；若$f_o>f_{ref}$，则比较器输出使单片机产生相应控制信号，此信号输入到DDS电路并使DDS的振荡频率变小；若$f_o<f_{ref}$，则比较器输出使单片机产生相应控制信号，此信号输入到DDS电路并使DDS的振荡频率变大。经过AFC环路，最终使$f_o＝f_{ref}$。

实验时，f_{ref}可以在一定范围内自主设置，此范围必须在DDS输出频率范围之内。

本实验使用频率合成器模块，该模块上共有5个数码管LED4～LED8，用于显示输出信号频率或工作模式等。模块上还有 6个按键。功能简介如下：

（1）Type：用于选择本模块的工作方式，开机默认为DDS模式，按一次Type键，工作模式为AFC；按两次Type键，工作模式为PLL；按三次Type键，工作模式为AGC。 在AGC模式的基础上，按一次Type键则又回到DDS模式。

（2）Shift：用于移动当前修改位，开机后第一次按动Shift键，则当前修改位为LED8所指示的位且该位闪烁显示。每按动一次此键，则当前修改位向左移动一位且闪烁显示。

（3）Up、Down：用于修改当前修改位的值，每按动一次Up键，则当前修改位数字加一。每按动一次Down键，则当前修改位数字减一。在PLL模式时Down键不起减一的作用。

（4）Enter：用于确定操作。

（5）Reset：用于复位单片机。

实验时，请规范操作，切忌乱按键盘。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好频率合成器模块，开关 K1、K2 向左拨。实训屏 GND 接模块 GND，模块±5V 由实训屏上 0～30VDC 可调电源提供。检查连线正确无误后通电，K1、K2 向右拨，若正确连接则模块上的电源指示灯 LED1、LED2、LED3 亮。

2. 产生输入信号

参考实训五十四，在DDS模式下，使TT4处输出1KHz的信号。调节W2，使TT4处信号的峰峰值约为3V。

适当调节W3，使军品插座Int处有脉冲波形输出。

3. 设置参考频率

（1）在DDS模式下，按一次Type键后再按一次Enter键，则进入AFC模式。此时LED4～LED8显示的数值仍为DDS模式下的数值。

（2）通过按键Shift、Up、Down、Enter，在AFC模式下，使数码管LED4～LED8显示00100，即设置参考频率为100Hz，按Enter键确定。

4. 验证AFC的功能

用示波器在TT5处测量，观察此处信号频率的变化情况。观察数码管LED4～LED8显示数值的变化情况。

说明：开机或复位后的第一次AFC模式，TT5处信号从0Hz开始，以1Hz为步进逐渐向所设置的参考频率值靠近，LED4～LED8实时显示TT5处信号频率的变化情况。开机或复位后的第n次AFC模式（n≥2），TT5处信号频率以DDS模式时的输出频率为初始值，以1Hz为步进逐渐增加或减小到参考频率值，LED4～LED8实时显示TT5处信号频率的变化情况。

实训五十八　LC串并联谐振回路（选做）

一、实验目的

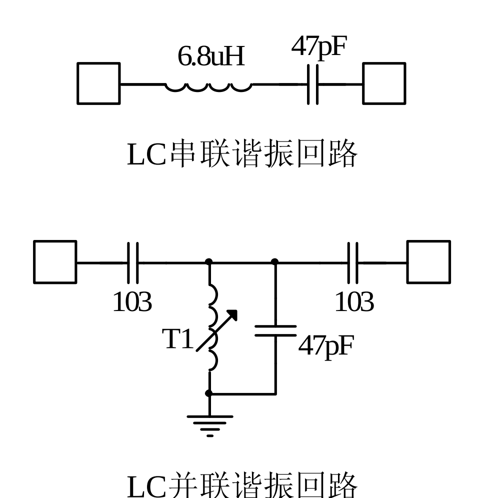
掌握 LC 串并联谐振回路的选频特性。

二、实验内容

测试 LC 串并联谐振回路的选频特性

三、实验原理

LC串并联谐振回路的实验原理图：



LC串联谐振回路

LC并联谐振回路

四、实验步骤

1. LC串联谐振回路

（1）连接实验电路

在实训箱上正确插好选频网络模块。按照LC串联谐振回路图连接实验电路。

（2）测试LC串联谐振回路的频率特性曲线

频率特性曲线可通过扫频法和逐点法获得。

逐点法即用信号源输出幅度相同频率逐步变化的信号作为谐振回路的输入，逐点记录相应输出信号的大小，然后描绘出放大器的频率特性曲线。

2. LC并联谐振回路

（1）连接实验电路

在实训箱上正确插好选频网络模块。按照LC并联谐振回路图连接实验电路。

（2）测试LC并联谐振回路的频率特性曲线

用逐点法测试谐振回路的频率特性曲线，从曲线上读取谐振回路的通频带和矩形系数。

调节T1，观察谐振回路频率特性曲线的变化情况。

实训五十九　LC低通、LC集中选择性滤波器（选做）

一、实验目的

1. 熟悉 LC 低通滤波器的选频特性；

2. 熟悉 LC 集中选择性滤波器的选频特性。

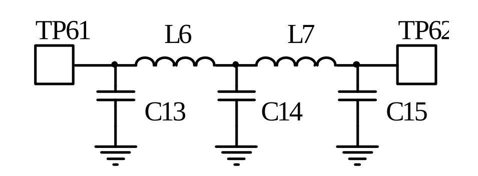
二、实验内容

1. 测量 LC 低通滤波器的频率特性曲线；

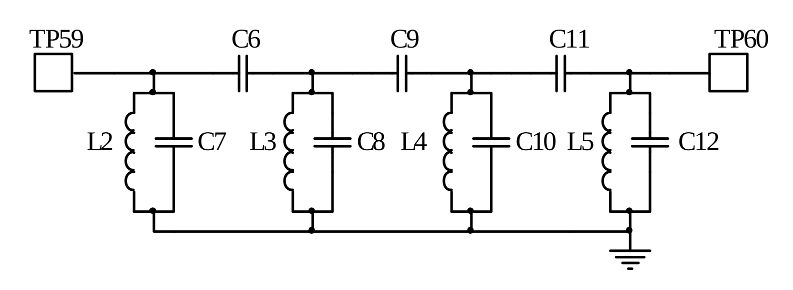
2. 测量 LC 集中选择性滤波器的频率特性曲线。

三、实验原理

LC低通滤波器和LC集中选择性滤波器的实验原理图：



LC低通滤波器



LC集中选择性滤波器

四、实验步骤

1. LC低通滤波器

（1）连接实验电路

在实训箱上正确插好选频网络模块。

（2）测试LC低通滤波器的频率特性曲线

频率特性曲线可通过扫频法和逐点法获得。

逐点法即用信号源输出幅度相同频率逐步变化的信号作为谐振回路的输入，逐点记录相应输出信号的大小，然后描绘出放大器的频率特性曲线。

2. LC集中选择性滤波器

（1）连接实验电路

在实训箱上正确插好选频网络模块。

（2）测试LC集中选择性滤波器的频率特性曲线

逐点法测试LC集中选择性滤波器的频率特性曲线，从曲线上读取滤波器的截止频率。

实训六十　RC有源（低通、高通、带通、带阻）滤波器

一、实验目的

了解 RC 有源滤波器的设计方法。

二、实验内容

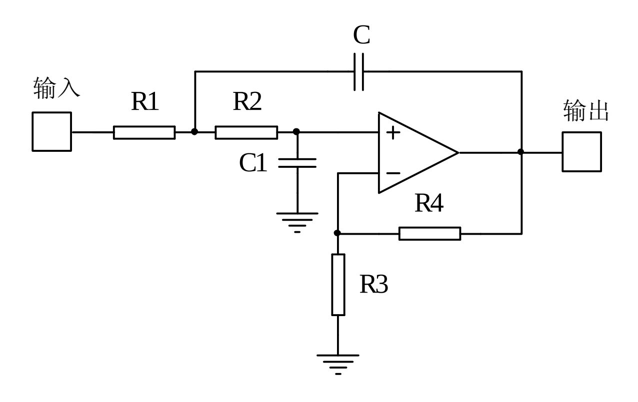
1. 搭建 RC 有源（低通、高通、带通、带阻）滤波器电路；

2. 测量 RC 有源（低通、高通、带通、带阻）滤波器的幅频特性曲线。

三、实验原理

1. RC有源低通滤波器

RC有源低通滤波器的实验原理图：

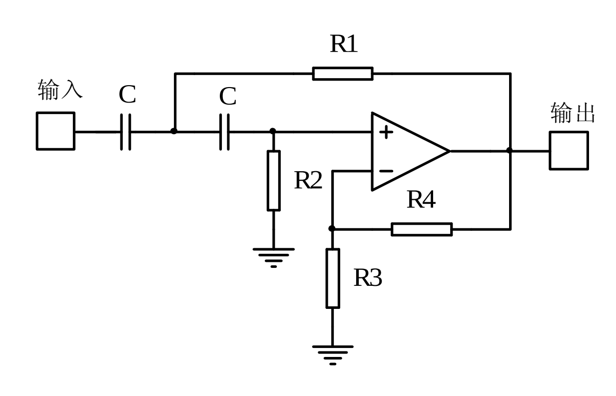


截止频率： $f_c = \frac{1}{2pR_1R_2CC_1}$ （60－1）

增益： $A_V = 1 + \frac{R_4}{R_3}$ （60－2）

2. RC有源高通滤波器

RC有源高通滤波器的实验原理图：

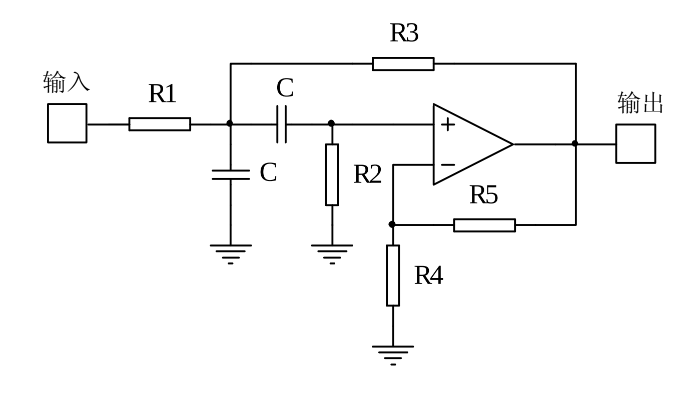


截止频率： $f_c = \dfrac{1}{2pR_1R_2C^2}$　　（60－3）

增益： $A_V = 1 + \dfrac{R_4}{R_3}$　　（60－4）

3. RC有源带通滤波器

RC有源带通滤波器的实验原理图：



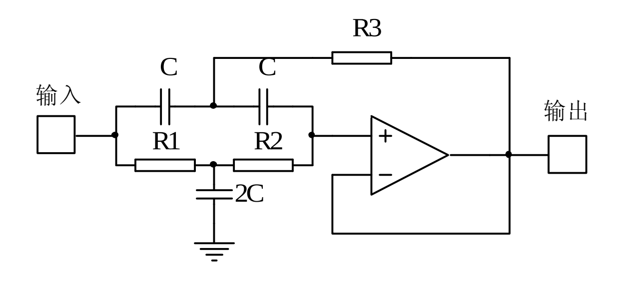
截止频率： $f_c = \dfrac{1}{2pR_2C^2}(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_3})$　　（60－5）

带宽： $B_W = \dfrac{1}{C}(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{2}{R_2} - \dfrac{R_5}{R_3R_4})$　　（60－6）

增益： $A_V = \dfrac{R_4 + R_5}{R_4R_1CB_W}$　　（60－7）

4. RC有源带阻滤波器

RC有源带阻滤波器的实验原理图：



条件： $\dfrac{1}{R_3} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}$

截止频率： $f_c = \dfrac{1}{2pR_1R_2C^2}$　　（60－8）

带宽：$B_W = \frac{2}{R_2 C}$　（60－9）

增益：$A_V = 1$　（60－10）

四、实验步骤

在实训箱上正确插好选频网络模块，K1、K2向左拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V，－12V接模块－12V。

1. RC有源低通滤波器

（1）搭建电路

①参考原理图并结合模块上的备选元件设计一个RC有源低通滤波器。参考电路参数：R1=3.3KΩ，R2＝12KΩ，R3＝R4＝20KΩ，C=C1＝0.01uF（103），其中，20KΩ电阻可以通过调节100KΩ电位器获得。

②检查连线正确无误后通电，K1、K2向右拨。若正确连接电源线，则模块上的电源指示灯LED1、LED2亮。

（2）测量RC有源低通滤波器的幅频特性曲线

①滤波器输入端输入频率f_0为500Hz，峰峰值V_{ip-p}为5V的正弦波信号（由低频信号源或外置专用信号源提供），用示波器在滤波器的输出端测量并记录输出信号的峰峰值V_{op-p}。

②保持滤波器输入端信号的峰峰值不变，逐渐增大输入信号的频率f_0，测量并记录滤波器输出端相应信号的峰峰值V_{op-p}，完成下表：

f_0（KHz）	0.5										
V_{op-p}（V）											

③根据表绘制出滤波器的幅频特性曲线

④从步骤③所绘制的曲线上读取滤波器的截止频率和增益，填下表。根据式60－1和式60－2计算滤波器的理论截止频率和增益，填下表：

f_C（KHz）	实测值		A_V	实测值	
	理论值			理论值	

2. RC有源高通滤波器

（1）搭建电路

①参考原理图并结合模块上的备选元件设计一个RC有源高通滤波器。参考电路参数：R1=12KΩ，R2＝3.3KΩ，R3＝R4＝10KΩ，C＝0.01uF（103），其中，10KΩ电阻可以通过调节100KΩ电位器获得。

②检查连线正确无误后通电，K1、K2向右拨。若正确连接电源线，则模块上的电源指示灯LED1、LED2亮。

（2）测量RC有源高通滤波器的幅频特性曲线

①滤波器输入端输入频率f_0为1KHz，峰峰值V_{ip-p}为5V的正弦波信号（由低频信号源或外置专用信号源提供），用示波器在滤波器的输出端测量并记录输出信号的峰峰值V_{op-p}。

②保持滤波器输入端信号的峰峰值不变，逐渐增大输入信号的频率f_0，测量并记录滤波器输出端相应信号的峰峰值V_{op-p}，完成下表：

f_0（KHz）	1										
V_{op-p}（V）											

③根据表绘制出滤波器的幅频特性曲线

④从步骤③所绘制的曲线上读取滤波器的截止频率和增益，填下表。根据式60－3和式60－4计算滤波器的理论截止频率和增益，填下表：

f_C（KHz）	实测值		A_V	实测值	
	理论值			理论值	

3. RC有源带通滤波器

（1）搭建电路

①参考原理图并结合模块上的备选元件设计一个RC有源带通滤波器。参考电路参数：R1=150KΩ，R2＝24KΩ，R3＝12KΩ，R4=R5=47KΩ，C＝0.01uF（103），其中，47KΩ电阻可以通过调节100KΩ电位器获得。

②检查连线正确无误后通电，K1、K2向右拨。若正确连接电源线，则模块上的电源指示灯LED1、LED2亮。

（2）测量RC有源带通滤波器的幅频特性曲线

①滤波器输入端输入频率f_0为200Hz，峰峰值V_{ip-p}为5V的正弦波信号（由低频信号源或外置专用信号源提供），用示波器在滤波器的输出端测量并记录输出信号的峰峰值V_{op-p}。

②保持滤波器输入端信号的峰峰值不变，逐渐增大输入信号的频率f_0，测量并记录滤波器输出端相应信号的峰峰值V_{op-p}，完成下表：

f_0（KHz）	0.2										
V_{op-p}（V）											

③根据表绘制出滤波器的幅频特性曲线

④从步骤③所绘制的曲线上读取滤波器的截止频率、带宽和增益，填下表。根据式60－5、式60－6和式60－7计算滤波器的理论截止频率、带宽和增益，填下表：

<table>
<tr><td rowspan="2">f_C（KHz）</td><td>实测值</td><td></td><td rowspan="2">B_W（HZ）</td><td>实测值</td><td></td><td rowspan="2">A_V</td><td>实测值</td><td></td></tr>
<tr><td>理论值</td><td></td><td>理论值</td><td></td><td>理论值</td><td></td></tr>
</table>

4. RC有源带阻滤波器

（1）搭建电路

①参考原理图并结合模块上的备选元件设计一个RC有源带阻滤波器。参考电路参数：R1＝R2＝3.3KΩ，R3＝1.6KΩ，C＝0.0047uF（472），2C＝0.01 uF（103），其中，1.6KΩ电阻可以通过调节100KΩ电位器获得。

②检查连线正确无误后通电，K1、K2向右拨。若正确连接电源线，则模块上的电源指示灯LED1、LED2亮。

（2）测量RC有源带阻滤波器的幅频特性曲线

①滤波器输入端输入频率f_0为1KHz，峰峰值V_{ip-p}为5V的正弦波信号（由低频信号源或外置专用信号源提供），用示波器在滤波器的输出端测量并记录输出信号的峰峰值V_{op-p}。

②保持滤波器输入端信号的峰峰值不变，逐渐增大输入信号的频率f_0，测量并记录滤波器输出端相应信号的峰峰值V_{op-p}，完成下表：

f_0（KHz）	1										
V_{op-p}（V）											

③根据表绘制出滤波器的幅频特性曲线

④从步骤③所绘制的曲线上读取滤波器的截止频率、带宽和增益，填下表。根据式60－8、式60－9和式60－10计算滤波器的理论截止频率、带宽和增益，填下表：

f_C（KHz）	实测值		B_W（HZ）	实测值		A_V	实测值	
	理论值			理论值			理论值	

实训六十一 石英晶体、陶瓷、声表面波滤波器

一、实验目的

熟悉石英晶体滤波器、陶瓷滤波器和表面声波滤波器的选频特性。

二、实验内容

测量各滤波器的幅频特性曲线

三、实验原理

用石英晶体切割成的石英谐振器品质因素Q很高，可用来构成工作频率稳定度高、阻带衰减特性陡峭、通带衰减很小的滤波器。本实验采用的石英晶体滤波器中心频率为10.7MHz。

陶瓷滤谐振器的等效电路与石英晶体的相同，但是它的等效品质因素Q一般为几百，比LC滤波器高，但远比石英晶体滤波器低。因此作滤波器时，通带没有石英晶体那样窄，选择性也比石英晶体滤波器差。

表面声波滤波器具有体积小、重量轻、中心频率可做的很高、相对频带较宽、矩形系数接近于1等特点。它可以采用与集成电路工艺相同的平面加工工艺，制造简单、成本低、重复性和设计灵活性高，可大量生产，所以是一种很有发展前途的滤波器。

实训六十二　T型网络及π型网络

一、实验目的

了解T型网络及π型网络实现阻抗匹配和衰减的原理。

二、实验内容

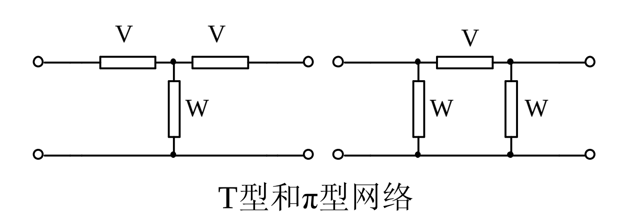
测量 T 型网络和 π 型网络的衰减

三、实验原理

普通电阻对电信号都有一定的衰减作用，利用电阻网络可以制成衰减器和具有一定衰减的匹配器组件。在高频电路中，器件的终端阻抗和线路的匹配阻抗通常有50Ω和75Ω两种。

1. 高频衰减器

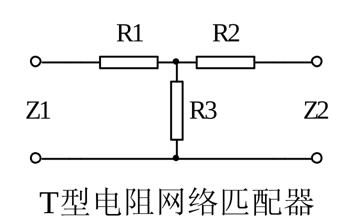
利用高频衰减器可以调整信号传输通路上的信号电平。高频衰减器分为高频固定衰减器和高频可变衰减器两种。构成高频固定衰减器的电阻性网络的形式很多，如T型、O型、L型、U型和π型等。其中，选定的固定电阻的数值可由专门的公式计算得到。由T型和p型网络实现的固定衰减器的衰减量与固定电阻值见下表，表中列出了50Ω和75Ω两种线路阻抗时的情况。



T型和π型网络

2. 高频匹配器

如果相连的两部分高频电路的阻抗匹配，则可以直接相连。但如果阻抗不匹配，就需要高频匹配器或阻抗变换器来连接。高频电路中最常用的匹配器或阻抗变换器是50Ω～75Ω的变换器，通常有电阻衰减型和变压器变换型两种方式。



T型电阻网络匹配器

对于图62－2所示的T型电阻衰减网络，Z1、Z2分别为两端的匹配阻抗，匹配器的最小衰减量为：

$$L_{\min}=\frac{2Z_1}{Z_2}+2\sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}(\frac{Z_1}{Z_2}-1)}-1 \quad （62－1）$$

根据两端的匹配阻抗和匹配器的最小衰减量,可以用下面的公式分别计算匹配器中的电阻值。

$$R_1=\frac{Z_1(L_{\min}+1)-2\sqrt{Z_1Z_2L_{\min}}}{L_{\min}-1} \quad （62－2）$$

$$R_2=\frac{Z_2(L_{\min}+1)-2\sqrt{Z_1Z_2L_{\min}}}{L_{\min}-1} \quad （62－3）$$

$$R_3=\frac{2\sqrt{Z_1Z_2L_{\min}}}{L_{\min}-1} \quad （62－4）$$

1. 设计高频匹配器

结合选频网络模块上备选元件的参数及已有外部电路的输入输出阻抗，自主设计一个高频匹配器并验证匹配器的功能。

实训六十三　波形变换

一、实验目的

1. 了解二极管限幅器的组成与工作原理；

2. 掌握用二极管实现非线性波形变换的原理与方法；

3. 熟悉任意波变方波的方法；

4. 熟悉方波变脉冲波、方波变三角波的方法；

5. 熟悉三角波变正弦波的方法。

二、实验内容

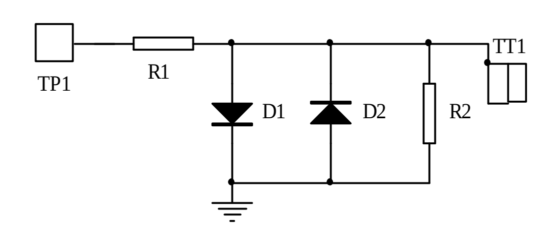
1. 观察限幅器的输出波形；

2. 观察各波形变换的结果。

三、实验原理

1. 二极管限幅器

二极管限幅器的实验原理图：



输入信号从TP1处输入，输出信号在TT1处测试。设输入信号电压为V_i，输出信号电压为V_o，二极管导通电压为V_{DON}，二极管导通电阻为r_d。

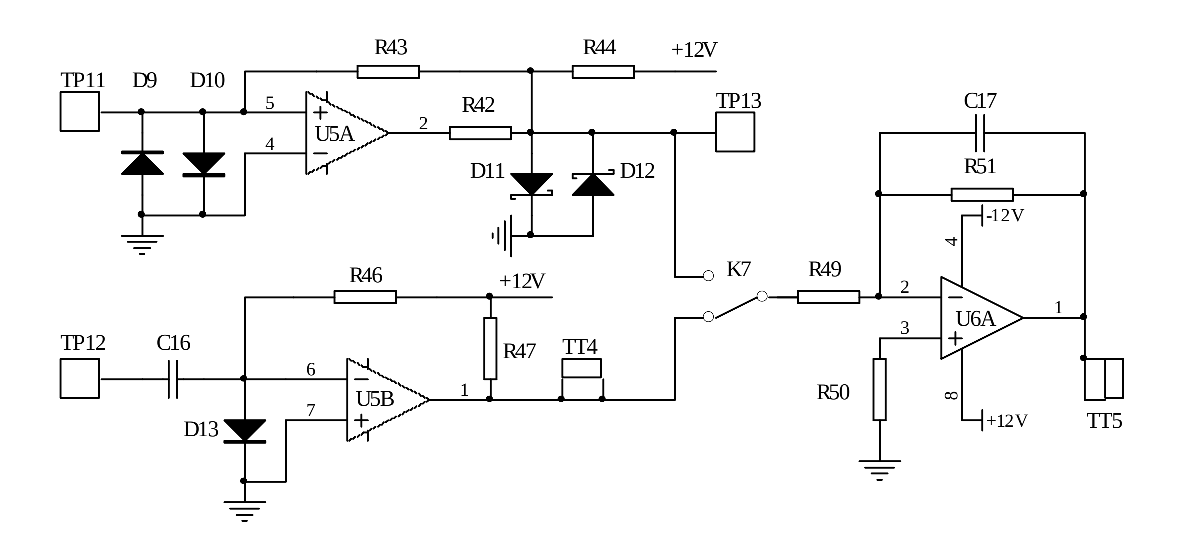
（1）当$|V_i| < V_{DON}$时，二极管D1、D2都截止，$V_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_i$，由于$R_1$远远小于$R_2$，则$V_o \approx V_i$。

（2）当$|V_i| > V_{DON}$时，二极管D1、D2都导通，$V_o = \frac{R_2 // r_d}{R_1 + R_{2//} r_d} V_i$,由于$r_d$远远小

于R_2，则$V_o \approx \frac{r_d}{R_1 + r_d} V_i$。所以当$|V_i| > V_{DON}$时输出信号波形就近似变为上、下顶部被削平的梯形波。

2. 任意波变方波、方波变脉冲波、方波变三角波、脉冲波变锯齿波

任意波变方波、方波变脉冲波、方波变三角波、脉冲波变锯齿波的实验原理图：



（1）任意波变方波

任意波从TP11输入，经过双向限幅器（D9、D10）后送入比较器U5A的正向输入端，从TP13处输出方波。此比较器为迟滞比较器，在过零点比较器的基础上引入正反馈电阻R43，用来抑制过零点附近的干扰。R42和稳压二极管D11、D12起分压作用。

（2）方波变脉冲波

当TP12悬空时，比较器U5B的反向输入端由＋12V电源通过电阻R46，获得一个高于同向输入端的电压，其值等于二极管D13的导通电压，则比较器输出一个负的直流电压。

连接TP13和TP12，则TP13处的方波经过电容C16送入到比较器U5B的反向输入端。当反向输入端电压发生正向变化时，由于D13的正向导通电阻很小，

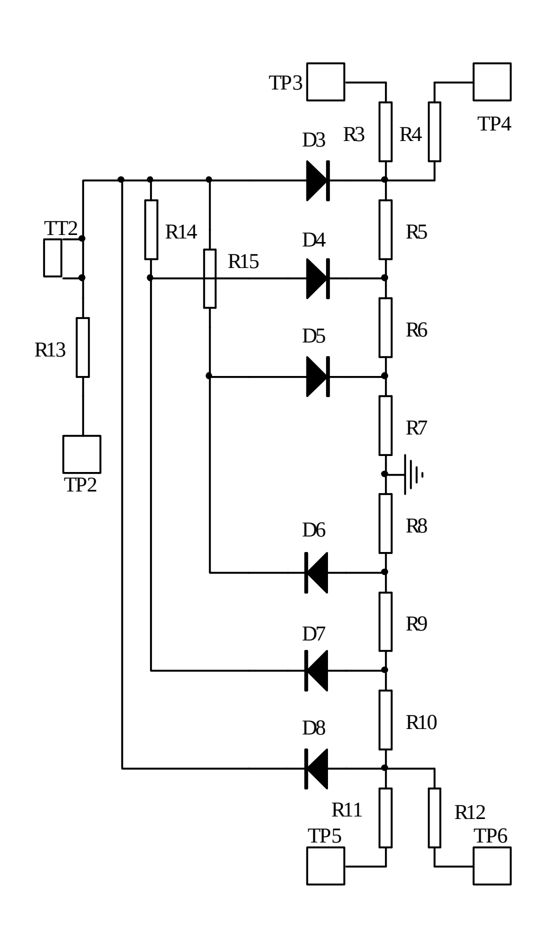
电压的变化大部分降落在C16上，比较器的反向输入端发生的变化不大，因此比较器的输出电压保持不变。当反向输入端电压发生负向变化时，由于C16两端的电压不能发生突变，二极管反向截止，使比较器反相输入端发生负向变化，比较器输出发生正跳变。在电源电压充电的作用下，C16右端电位逐渐升高，当反向输入端的电位过零点后，输出电压迅速变为负值。直到反向输入端的第二个负跳变之前，比较器的输出一直为负电压。如此反复，就可在TT4处得到正负交替的脉冲波，输出负脉冲的宽度由C16和R46决定。

（3）方波变三角波、脉冲波变锯齿波

方波变三角波、脉冲波变锯齿波用积分电路实现。图49－2中，运放U6A组成积分器，R51用来克服运放失调和初始输出直流分量的不确定性。开关K7向上波，选择方波进入积分器；K7向下拨，选择脉冲波进入积分器。三角波和锯齿波在TT5处观察。

3. 三角波变正弦波

三角波变正弦波的方法有滤波法和折线法，本实验采用的是折线法。



四、实验步骤

1. 限幅器

（1）连接实验电路

在实训箱上正确插好综合模块，开关K1、K2、K3、K4、K5、K6、K8、K9向左拨，实训箱GND接模块GND。

（2）输入信号

TP1处输入频率约1.2Khz左右，峰峰值500mV的正弦波信号。此信号可由正弦波振荡器模块的RC振荡电路提供。

（3）观察限幅器的输出

用示波器在TT1处观察，逐渐增大TP1处信号的幅度，观察TT1处信号波形的变化情况。记录TT1处信号上下顶被削平时TP1处信号的峰峰值。

2. 任意波变方波、方波变脉冲波、方波变三角波、脉冲波变锯齿波

（1）连接实验电路

在实训箱上正确插好综合模块，开关K1、K2、K3、K4、K5、K6、K8、K9向左拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V，－12V接模块－12V。检查连线正确无误后通电，K5、K6向右拨，K7向上向下拨均可。若正确连接，则模块上的电源指示灯LED5、LED6亮。

（2）输入信号

TP11处输入频率约1.2KHz左右，峰峰值2V的正弦波或三角波信号。正弦波信号可由正弦波振荡器模块的RC振荡电路，三角波信号由频率合成模块提供。请参考实验四十或低频信号源的使用方法来产生本实验步骤的输入信号。

（3）观察方波输出

用示波器在TP13处观察，记录此处信号的波形。

（4）观察三角波输出

开关K7向上拨，用示波器在TT5处观察，记录此处信号的波形。

（5）观察脉冲波输出

连接TP12与TP13，用示波器在TT4处观察，记录此处信号的波形。

（6）观察锯齿波输出

连接TP12与TP13，K7向下拨，用示波器在TT5处观察，记录此处信号的波形。

3. 三角波变正弦波

（1）连接实验电路

在实训箱上正确插好综合模块，开关K1、K2、K3、K4、K5、K6、K8 、K9向左拨，实训箱GND接模块GND，TP3、TP5分别接＋5V、－5V（±5V由实训屏上0～30VDC可调电源提供）。检查连线正确无误后，通电。

（2）输入信号

TP2处输入频率20KHz，峰峰值8V的三角波信号。此信号由频率合成模块提供。

（3）观察正弦波输出

用示波器在TT2处观察并记录输出波形，若波形失真，改变输入频率，逐渐增大，直到输出波形不失真。

（4）改变分压电阻观察输出波形

去掉TP3、TP5与±5V的连线。TP4、TP6分别接＋5V、－5V。TP2处输入信号不变，用示波器在TT2处观察并记录输出波形。

实训六十四　加法器

一、实验目的

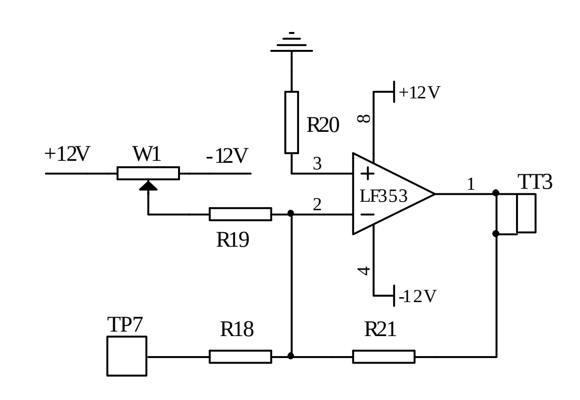
了解由运放组成加法器的应用电路。

二、实验内容

观察加法器的输出

三、实验原理

加法器实验原理图：



加法器的两个输入端分别接直流电压和外接信号（TP7处）。直流电压的大小可通过W1来调节。设输入直流电压为u_1，TP7处信号为u_2，输出信号（TT3处）为u_0，则：

$$u_0 = -(\frac{R_{21}}{R_{19}}u_1 + \frac{R_{21}}{R_{18}}u_2) \qquad (64-1)$$

本实验中$R_{21}=2R_{19}=2R_{18}$，故$u_0 = -2(u_1 + u_2)$，当直流电压u_1＝0时，加法器变为反相放大器，当直流电压$u_1 \neq 0$时，加法器可以实现直流电平移动的功能。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好综合模块，开关K1、K2、K3、K4、K5、K6、K8、K9向左拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V，－12V接模块－12V。检查连线正确无误后通电，K1、K2向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示

灯LED1、LED2亮。

2. 输入信号

TP7处输入频率约1KHz，峰峰值1V的正弦波信号。此信号可由正弦波振荡器模块的RC振荡电路提供。设置直流电压：

用万用表在R19左边的军品插座上测量，调节W1，使此处直流电压量为0V。

3. 观察输出波形

将示波器设置为直流耦合的状态，用示波器在TT3处观察并记录TT3处信号的直流量和交流峰峰值。

4. 直流电平移动

将示波器设置为直流耦合的状态，调节W1，用示波器在TT3处观察并记录TT3处信号直流量和交流峰峰值的变化情况。

实训六十五　语音传输系统

一、实验目的

了解音频信号处理电路的应用和设计方法。

二、实验内容

1. 播放音乐芯片；

2. 调试话筒耳机电路。

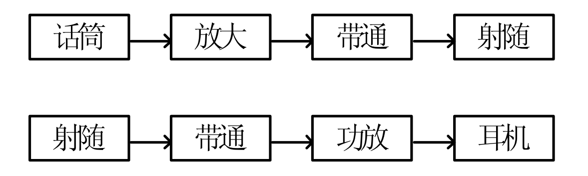
三、实验原理

1. 音乐芯片电路

本实验所使用的音乐芯片只有3个管脚，一个脚接＋5V电源，一个脚接地，一个脚输出。将音乐芯片的输出与耳机电路的输入相连，就可听到音乐的声音。

2. 话筒耳机电路

由于综合模块PCB板的大小有限，话筒耳机电路的实验原理图没有在模块上画出，现给出实验框图：



话筒将语音信号转换为微弱的电信号，放大电路对此微弱的电信号进行放大。带通滤波器（300Hz~3.4KHz）电路对放大后的信号进行滤波，以去除信号中的干扰。经过滤波后的信号再经射随输出，以便隔离前后级电路之间的干扰。本实验话筒电路的输出信号还可以作为调频电路和调幅电路的调制信号，以实现语音通话的功能。

经过调制解调等处理的信号经进入射随单元，以隔离前后级电路之间的影响。带通滤波器（300Hz～3.4KHz）电路对输入信号进行滤波，以去除信号中的干扰。功放电路对信号进行功率放大以便驱动耳机。

四、实验步骤

1. 连接实验电路

在实训箱上正确插好综合模块，开关K1、K2、K3、K4、K5、K6、K8、K9向左拨，实训屏GND接模块GND，模块±5V由实训屏上0～30VDC可调电源提供。检查连线正确无误后通电，K3、K4向右拨。若正确连接，则模块上的电源指示灯LED3、LED4亮。

2. 音乐芯片电路

开关K8向右拨，则LED7亮。连接TP15与TP10。将耳机插在耳机插座上并将耳机上的音量调节旋钮调节到最小，戴上耳机，缓缓调节耳机上的音量旋钮直到音量合适为止。再缓缓调节模块上的“失真调节”电位器，改善声音的失真。

实训六十六　视频传输系统（音、视频传输）

一、实验目的

1. 了解视频传输系统的组成；

2. 了解图像信号的处理方法。

二、实验内容

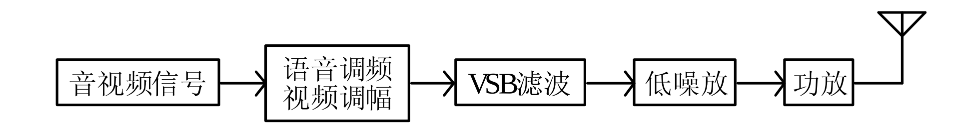
1. 观察各级电路输出信号的频谱；

2. 观察接收机的输出图像。

三、实验原理

1. 发射机

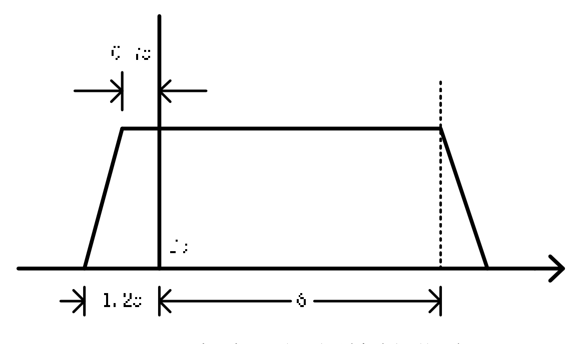
本实验所产生并传输的是电视图像信号。发射机实验原理框图：



视频信号来自摄像头，所占频宽为6MHz（最低频率为0MHz，最高频率为6MHz）。

调幅部分所采用的调制器内部包含载波振荡电路、视频AM调制器和音频FM调制器。载波振荡电路和外部晶体一起产生所需的载波，可通过改变实验模块上开关S2的拨动方向来选择所需的载波频率。S2向上拨时，载波频率为65.75MHz（电视3频道）；S2向下拨时，载波频率为77.25MHz（电视4频道）。本实验选择4频道载波频率，3频道可供用户二次开发。

为减少带宽又使接收机解调方式简单，采用了残留边带调幅方式，即在普通调幅电路后加一级VSB滤波器即可。我国统一规定VSB滤波器保留全部的上边带，下边带残留0.75MHz，下边带的截止频率为1.25MHz。VSB滤波器的幅频特性曲线如下图所示：



VSB滤波器幅频特性曲线

AM调制模块输出的信号本身较小，再加上VSB滤波器的插入损耗，使到达后级电路的信号太小，不利于后级电路的正常工作；所以加一级低噪声放大电路。

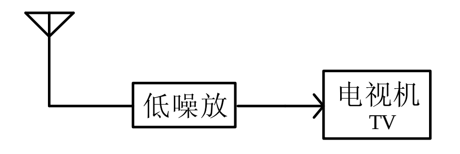
功放电路采用的是集成功率放大器，它的工作频率为0.5MHz～1000MHz，典型增益为18dB，最大输出功率为7dBm。

天线部分采用的是折叠天线，极化方向为垂直极化，辐射方向为全向。

2. 接收机

接收机用来接收发射台的高频已调波。经过一系列的信号处理，如高放、混频、中放，然后解调出所需的信息。

本实验接收机实验原理框图：



接收机中解调由电视机来完成，所以接收机的指标主要由电视机来确定。在接收机框图中，低噪放电路用于滤除天线所接收信号中的干扰成分，并对有用信号进行放大。经低噪放电路处理后的信号进入电视机的4频道进行解调，恢复出图像信号。

四、实验步骤

实验连线时，在不接电源的基础上按实验连线图连好各实验模块；在保持电源关闭的情况下连接好各有源模块的供电，再打开供电电源。在拆除各

模块前必须关掉相应模块的供电，以免引起不必要的器件损耗。

1. 发射部分实验

（1）在实训箱上正确插好视频传输模块，开关S1、S2向下拨，实训箱GND接模块GND，＋12V接模块＋12V。

（2）摄像头上红色接口为电源输入端，黄色接口为视频信号输出端、白色接口为音频信号输出端。

将摄像头的视频输出端（黄色）接到视频传输模块的Video端，将摄像头的音频输出端（白色）接到视频传输模块的Audio端，将摄像头电源输入端（红色）接摄像头电源变压器6V直流电源输出口。检查连线正确无误后，通电，开关S1向上拨。若正确连接则模块上的电源指示灯LED亮。

（3）用实训箱附带的连接线（一头为射频头，一头为BNC头）连接频谱分析仪和模块上的RFout端。将频谱仪的“span”设置为300MHz，中心频率设置为77.25MHz，观察并记录调制电路输出信号的频谱图。**（频谱仪部分选做）**

（4）去掉RFout和频谱仪的连线，用射频连接线（两头均为射频头）连接RFout端和VSBin端，即接入VSB滤波器。再用实训箱附带的连接线（一头为射频头，一头为BNC头）连接频谱仪和模块上的VSBout端。频谱仪的“span”设置为300MHz，中心频率设置为77.25MHz，观察并记录VSB电路输出信号的频谱图。**（频谱仪部分选做）**

（5）去掉VSBout和频谱仪的连接，用射频连接线（两头均为射频头）连接VSBout端和GAINin端。用实训箱附带的连接线（两头均为BNC连接头）连接频谱仪和模块上的Transmit端，观察并记录Transmit端信号的频谱图。**（频谱仪部分选做）**

2. 接收部分实验

（1）去掉Transmit端和频谱仪的连接，在Transmit端和Receive端插上实训箱所附带的天线，电视机设置为VHF波段。用有线电视线连接电视机和模块上的TV端。

（2）调节电视机前面板上的“TUNE”旋钮，使电视机处于4频道，观察恢复的视频图像。然后用连接线（一头为射频头，一头为BNC头）连接频谱仪和模块上的Test端，观察并记录Test端出信号的频谱图。**（频谱仪部分选做）**